

# **DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA QUITAR LA PELUSA Y SELECCIONAR DURAZNOS POR TAMAÑO**

**JOHAN MARCELO MARÍN SIERRA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE TECNOLOGÍAS**

**ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA**

**PEREIRA**

**2014**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA QUITAR LA PELUSA Y SELECCIONAR  
DURAZNOS POR TAMAÑO**

**JOHAN MARCELO MARÍN SIERRA**

**Proyecto de grado para obtener el título de tecnólogo profesional en  
Mecatrónica**

**Ing. HERNÁN ALBERTO QUIENTERO VALLEJO**

**Director proyecto de grado**

**Docente del programa Ingeniería Mecatrónica**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE TECNOLOGÍAS**

**PEREIRA**

**2014**

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

Pereira, 10 de noviembre del 2014

## **DEDICATORIA**

Primero que todo este proyecto está dedicado a mi hermano Andrey Antonio Marín Sierra, que desde el cielo me está apoyando y dando fuerzas para seguir siempre adelante, a mi familia y a mis amigos que siempre han estado apoyándome.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero agradezco a Dios por permitirme seguir adelante, por brindarme salud, por darme fuerzas y por siempre ayudarme a estar en un buen camino para lograr todas mis metas.

A mi familia por ser un gran pilar, por todo el apoyo que me brindan y por el amor incondicional que recibo de ellos.

A mis compañeros de estudio, los cuales se han convertido en grandes amigos para mí.

Al ingeniero Henry William Penuela M. por ayudarme en gran parte del desarrollo de este proyecto.

A mi director de proyecto ingeniero Hernán Alberto Quintero V. por toda su colaboración en cada etapa del desarrollo de este proyecto.

## CONTENIDO

1. SUSTENTO ACADÉMICO.....	10
1.1 RESUMEN .....	10
1.2 SUMMARY .....	10
1.3 INTRODUCCIÓN.....	11
1.4 JUTIFICACIÓN .....	12
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.6 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.7 SISTEMATIZACIÓN.....	13
1.8 OBJETIVOS.....	13
1.8.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
1.8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2. MARCO DE REFERENCIAS .....	14
2.1 MARCO HISTÓRICO .....	14
2.2 MARCO CONTEXTUAL .....	15
2.3 MARCO CONCEPTUAL .....	16
2.3.1 Mecanización agrícola.....	16
2.3.2 Norma NTC-ISO 22000 .....	17
2.3.3 Diseño de la máquina.....	17
2.3.4 Sistemas para medir peso .....	18
2.3.5 Amplificadores de instrumentación.....	21
2.3.6 Controladores lógicos programables. ....	23
2.3.7 Norma IEC 6311 .....	25
2.3.7.1 Norma IEC 61311-3: .....	25
3. RESULTADOS.....	27
3.1 SELECCIÓN DE MECANISMOS PARA CADA PASO.....	27
3.1.1 TRANSPORTE .....	27
3.1.1.1 ELECCIÓN DE MOTOR PARA LA BANDA TRANSPORTADORA.....	29
3.1.2 REMOCIÓN DE PELUSA. ....	34

3.1.2.1 ELECCIÓN DE MOTOR PARA LOS CEPILLOS.....	36
3.1.3 SELECCIÓN POR TAMAÑO .....	38
3.1.4 SISTEMA DE PESAJE.....	39
3.1.5 CONTROL DE FLUJO DE DURAZNOS .....	42
3.1.5.1 ELECCIÓN DE MOTOR DE CONTROL DE COMPUERTA .....	43
3.1.6 ESTRUCTURA O BASE DE LA MÁQUINA .....	44
3.2 ENSAMBLAJE FINAL.....	45
3.3 CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS .....	46
3.3.1 AMPLIFICACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA SALIDA DE LA CELDAS DE CARGA .....	46
3.3.2 CIRCUITO DE CONTROL .....	49
3.4 LISTADO DE PIEZAS Y COTIZACIÓN .....	55
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
5. BIBLIOGRAFÍA .....	59
ANEXOS .....	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Desarrollo Agroindustrial en Colombia .....	15
Figura 2 Disciplinas integradoras.....	16
Figura 3 Balanzas y Básculas.....	18
Figura 4 Método de medición de peso por deformación de muelle.....	19
Figura 5 Galga extenciometrica .....	20
Figura 6 Puente de Wheatstone con 4 galgas extenciometricas o 4 resistencias variables .....	21
Figura 7 Amplificador de Instrumentación.....	22
Figura 8 Esquema General de un Sistema Automatizado .....	23
Figura 9 Componentes de un PLC.....	24
Figura 10 Lenguajes de programación .....	26
Figura 11 Formula química del polióxido de metileno.....	27
Figura 12 Banda transportadora hecha de POM .....	28
Figura 13 Diseño de banda en Solidworks .....	28
Figura 14 Dimensiones de la banda .....	29
Figura 15 Especificaciones técnicas del motor de la Banda .....	31
Figura 16 Ejemplo cadena de bujes.....	32
Figura 17 Diseño en Solidworks Tensor de Cadenas .....	33
Figura 18 Relación de transmisión entre los piñones de la banda transportadora y el motor.....	34
Figura 19 Cepillo diseñado en Solidworks .....	35
Figura 20 Mecanismo para la remoción de pelusa .....	35
Figura 21 Especificaciones técnicas de motor para cepillos .....	37
Figura 22 Sistema de transmisión entre los piñones de los cepillos y el motor .....	38
Figura 23 Tabla de Medidas estándares optadas por los agricultores de Belén de Umbría .....	38
Figura 24 Mecanismo de selección de tamaños diseñado en Solidworks .....	39
Figura 25 Ficha técnica de Celda de carga .....	40
Figura 26 Diseño en <i>Solidworks</i> de la celda de carga .....	41
Figura 27 Canasta estándar de 25Kg diseñada en <i>Solidworks</i> .....	42
Figura 28 Compuerta de control de flujo de durazno .....	43
Figura 29 Motor de control de compuerta .....	44
Figura 30 Estructura soporte .....	45
Figura 31 Ensamblaje Final Máquina para limpiar y seleccionar duraznos por tamaño realizado en <i>Solidworks</i> .....	46
Figura 32 Circuito de amplificación y estandarización simulado en Proteus 8.....	48
Figura 33 Sensores y actuadores dentro de la máquina.....	50
Figura 34 Diagrama de flujo del control de la máquina.....	51
Figura 35 Circuito de control parte 1 de 2.....	52
Figura 36 Circuito de Control parte 2 de 2 .....	53



Figura 37 Configuración de entradas analógicas parte 1 de 2.....	54
Figura 38 Configuración de entradas analógicas parte 2 de 2.....	54
Figura 39 Circuito de potencia .....	55
Figura 40 Lista de materiales y cotización .....	55

## **1. SUSTENTO ACADÉMICO**

### **1.1 RESUMEN**

El presente trabajo ilustra el diseño de una máquina para remover la pelusa presente en los duraznos recolectados directamente del árbol para luego seleccionarlos por tamaño, se realiza por la necesidad de mecanizar y automatizar los trabajos agrarios en el pueblo de Belén de Umbría Risaralda.

El diseño de dicha máquina está basado en argumentos aportados por algunos productores de este cultivo en el municipio ya mencionado, brindando información importante y necesaria para lograr así la realización de los mecanismos de remoción de pelusa y selección por tamaño de dicha fruta.

Una vez definidos los mecanismos que harán cada proceso, se procede a estudiar las diferentes maneras de realizar un control sobre la máquina con el objetivo de facilitar el desarrollo de este proceso.

Finalmente se muestra una propuesta para el diseño mecánico en el software especializado Solidworks y su simulación eléctrica.

### **1.2 SUMMARY**

In this document shows the design of a machine to remove lint and selecting peaches by size, was perform by the need of mechanize and automate the agriculture works of Belen De Umbria Risaralda.

The design of this machine was based in arguments that contributed some producers of this crop from the town, which providing important information and necessary for do the systems to remove lint and selecting peaches.

Once defined the mechanisms that would do each process, be pass to study the different way to have a little control in the machine for do more easier this work.

Finally is shows a proposal for the mechanic design in Solidworks and electrical and electronics simulation.

### 1.3 INTRODUCCIÓN

La necesidad de industrializar los trabajos agrarios ha avanzado cada día y más aun con el progreso tecnológico. En Belén De Umbría ha ido creciendo de forma importante la siembra del durazno y con este la necesidad de hacerlo competitivo comercialmente y para esto se necesita que dicha fruta esté procesada lo cual requiere de dos acciones las cuales son: remover la pelusa que trae el durazno recién extraído del árbol y clasificar la fruta según su tamaño.

El sistema de remoción de la pelusa de la fruta nace como un punto para sobrevalorar un poco más la fruta en el mercado, similar situación ocurre con la clasificación por tamaño. Estos procesos se han realizado por mucho tiempo a mano lo cual hace que la finca productora invierta gran cantidad de capital en mano de obra, por estas razones surge la necesidad de diseñar una máquina autómata que realice este proceso con la mínima intervención de un operario.

Para el diseño de la máquina se toma como referencia la norma ISO 22000 para alimentos, Principios Generales de Higiene de los Alimentos, teorías, tecnologías aplicables de bajo costo pero al mismo tiempo eficiente en cada proceso.

El alcance esperado para el proyecto consiste en diseñar dos sistemas eficientes: el primero, el sistema de remoción de pelusa y el segundo, el sistema de clasificación por tamaño, los cuales también se pueden aplicar para tratar frutas de similar dimensión al durazno.

La metodología empleada en el desarrollo del proyecto consiste en la investigación aplicada en cada proceso que esta máquina tiene.

## **1.4 JUTIFICACIÓN**

Este proyecto se realiza viendo la necesidad de solucionar problemas específicos en el tratamiento de frutas comerciales, especialmente cuando se tiene gran cantidad y no se cuenta con las herramientas necesarias para agilizar el proceso. Esto hace que el producto sea más costoso y menos competitivo ante otros productores o industrias que si tienen las herramientas suficientes para procesar rápidamente dicho producto.

La presente propuesta de diseño se realiza con el fin de encontrar una solución eficiente a los procesos de limpiar y seleccionar el durazno por tamaño lo cual busca ayudar específicamente a los productores de esta fruta del municipio Belén de Umbría, de esta forma permitirles el ingreso a un mercado más competitivo y de mayor calidad, generando mayores beneficios económicos al sector.

Con el fin de hacer el diseño del equipo con capacidad para procesar otras frutas se investigaron formas para tratar frutas con características similares al durazno, tales como el lulo, el kiwi y melocotón.

## **1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el municipio de Belén de Umbría se cultiva durazno. Este cultivo tiene que llevar un proceso de limpieza de pelusa y selección por tamaño. Actualmente este proceso se hace de manera manual esto implica incremento en el precio del durazno ya que se requiere más de una persona para realizar este tratamiento rápidamente (una persona se demora regularmente en procesar 1 kilogramo de duraznos cerca de un minuto y medio). La situación ideal es crear una máquina realice estos procesos y permita la disminución de gastos y tiempo, además de reducir el valor del durazno en el mercado, haciéndolo más competitivo.

## **1.6 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es posible diseñar una máquina para remover la pelusa y clasificar duraznos por tamaño?

## **1.7 SISTEMATIZACIÓN**

- ¿Cuál es el mecanismo para remover la pelusa del durazno?
- ¿Cómo es el método de selección por tamaño?
- ¿Qué tipo de materiales se deben utilizar para la fabricación dicha máquina?
- ¿Qué sistemas debe tener la máquina para realizar un proceso de medición de peso?
- ¿Qué sistema será el adecuado para controlar el paso de los duraznos?

## **1.8 OBJETIVOS**

### **1.8.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una máquina para quitar pelusa y seleccionar el durazno por tamaño

### **1.8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un mecanismo para remover la pelusa al durazno
- Desarrollar un mecanismo para seleccionar el durazno por tamaño.
- Diseñar circuitos electrónicos para la medición del peso del durazno.
- Investigar y seleccionar los materiales adecuados para la máquina.
- Diseñar un circuito para controlar la máquina.

## **2. MARCO DE REFERENCIAS**

### **2.1 MARCO HISTÓRICO**

La agroindustria en Colombia ha tenido grandes avances gracias a que gran parte de la economía encuentra en el sector agrícola. Desde los años 1904 se empezó a ver los primeros pasos de la agroindustria en nuestro Estado, ya que empezaron a funcionar algunas empresas artesanales de alimentos. Desde el año 1936 da pie a la investigación de los principales mecanismos para procesar frutas. Después de la segunda guerra mundial se abrieron nuevos mercados y llegaron nuevas tecnologías a nuestro país con un avance impresionante haciendo que en el año 1945 la industria de alimentos representara el 47% del sector industrial.

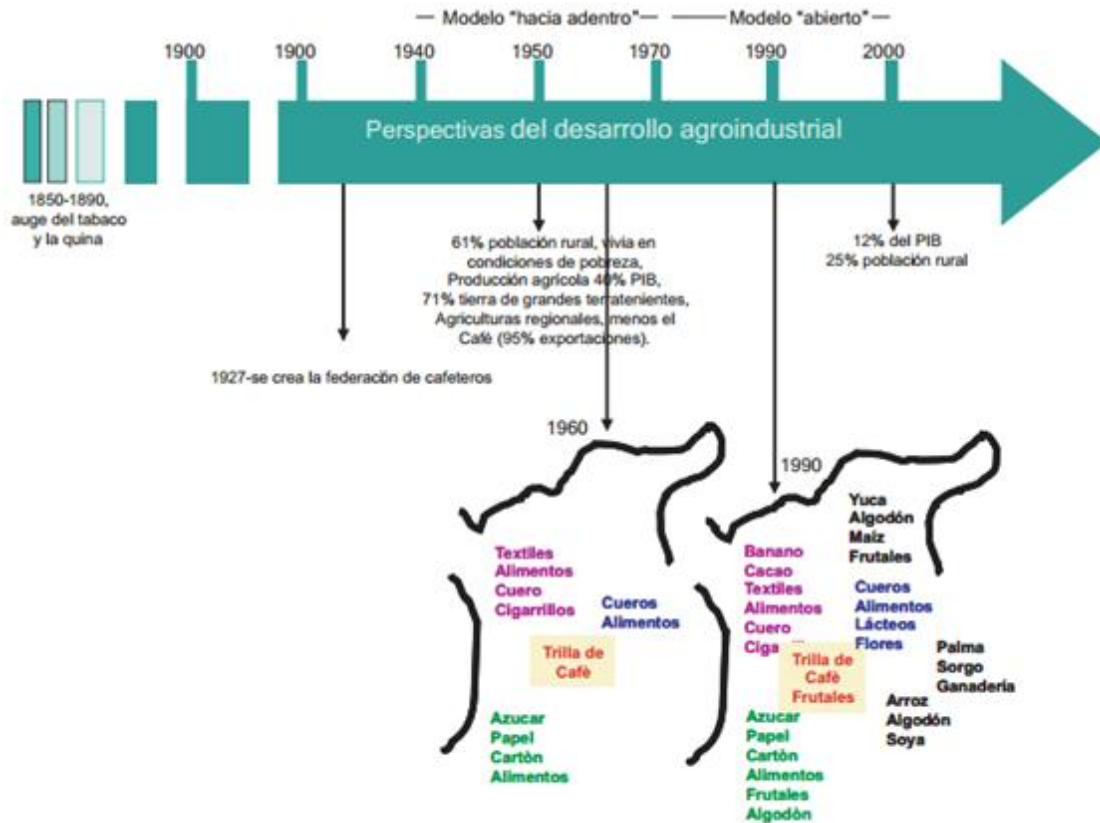
Para la década de los 80, el precio internacional de los granos impulsó a la federación nacional de cafeteros a diversificar sus cultivos e impulsar empresas agroindustriales ayudando así a la economía del país y al crecimiento de este sector.

El sector agroindustrial se dividió en 2 tipos: el tradicional y el moderno. El tradicional se basaba por una tecnología relativamente simple y en el moderno se utilizaba tecnología de punta lo cual genera un valor agregado a este sector. El gobierno también empezó a impulsar dichas empresas y al campesino, ya que se dieron cuenta que la economía del país estaba creciendo gracias a este sector, generando una producción agroindustrial ágil, barata y competitiva. Con esto se aumento el número de exportaciones y por esto la economía del país aumento grandemente. Para que el sector agroindustrial creciera era necesaria la inversión económica de empresas, crecimiento urbano, mercados más amplios y la inserción de nuevas tecnologías de procesamiento.

Actualmente este sector cuenta con muy buena tecnología, ya que hay máquinas automatizadas que realizan muchos procesos eficientemente con una mínima intervención del hombre<sup>(1)</sup>.

1. Punto franco agrario, desarrollo de la agricultura en Colombia [en línea]

Figura 1 Desarrollo Agroindustrial en Colombia



López T. Marcelo. Influencia De Las Nuevas Tecnologías En El Desarrollo Agroindustrial De Colombia

## 2.2 MARCO CONTEXTUAL

El desarrollo de este proyecto se realiza en los laboratorios de Mecatrónica en el CDV (Centro de Desarrollo Vecinal) de la ciudad de Pereira y en la Universidad tecnológica de Pereira.

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

Hoy en día el campo está tendiendo a mecanizar y a automatizar procesos, porque esto conlleva a un ágil procesamiento de sus productos un ejemplo muy claro en Colombia lo tenemos con el café, donde este proceso se encuentra en su mayoría mecanizado, excepto por la recolección.

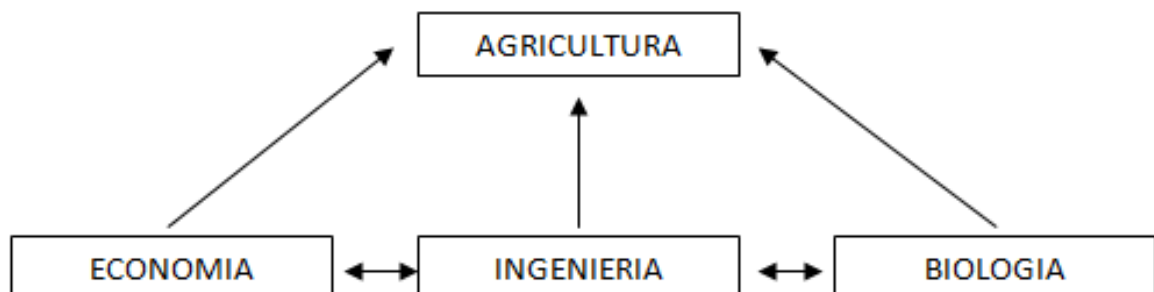
### 2.3.1 Mecanización agrícola

La base de la producción agrícola es la producción vegetal y fundamentándose en ésta, la producción animal. El ser humano interviene en el desarrollo natural del crecimiento vegetal y animal, entre otras cosas con máquinas e implementos agrícolas. Estos medios auxiliares mecánicos pueden diferenciarse, según las formas de accionamiento (fuentes de energía) en:

- Implementos manuales.
- Implementos tirados por animales
- Implementos y equipos motorizados (motores de combustión interna y eléctricos)

Por ello, el concepto de mecanización en su acepción más amplia, consiste en la utilización regular de máquinas y equipos en las actividades agrícolas <sup>(2)</sup>.

Figura 2 Disciplinas integradoras



Elkin Cortés M., Fernando Álvarez M., Hugo González S. La Mecanización Agrícola



La mecanización fue una de las características más destacadas de la agricultura de finales del siglo XIX y principios del XX, la cual alivio el agotador trabajo del agricultor y aún más significativo, la mecanización ha multiplicado la eficiencia y productividad de la explotación agrícola <sup>(3)</sup>.

### **2.3.2 Norma NTC-ISO 22000**

La norma ISO 22000 es la que cada diseñador de máquinas procesadoras de alimentos debe tener en cuenta a la hora de diseñar y escoger los materiales que utilizará. Esta norma trabaja con el CODEX ALIMENTARIUS, el cual es un programa guía de prerrequisitos, medidas de control e higiene para los alimentos.

Según el CODEX ALIMENTARIUS el equipo debe estar instalado de tal manera que:

1. Permita un mantenimiento y una limpieza adecuados
2. Funcione de conformidad con el uso al que fue destinado
3. Facilite unas buenas prácticas de higiene

El equipo y los recipientes que tienen contacto con alimentos se deben fabricar de forma tal que su limpieza, desinfección y mantenimiento sea adecuado para evitar contaminaciones. El material de fabricación debe ser de materiales que no sean o contenga partículas tóxicas. El equipo deberá ser duradero y móvil o desmontable en caso de ser necesario para su mantenimiento.

De igual forma con los recipientes para desechos, subproductos o sustancias no comestibles deben ser fáciles de identificar y hechos de un material impermeable y si es un recipiente de para contenidos peligrosos, se deben tener bajo llave.

### **2.3.3 Diseño de la máquina**

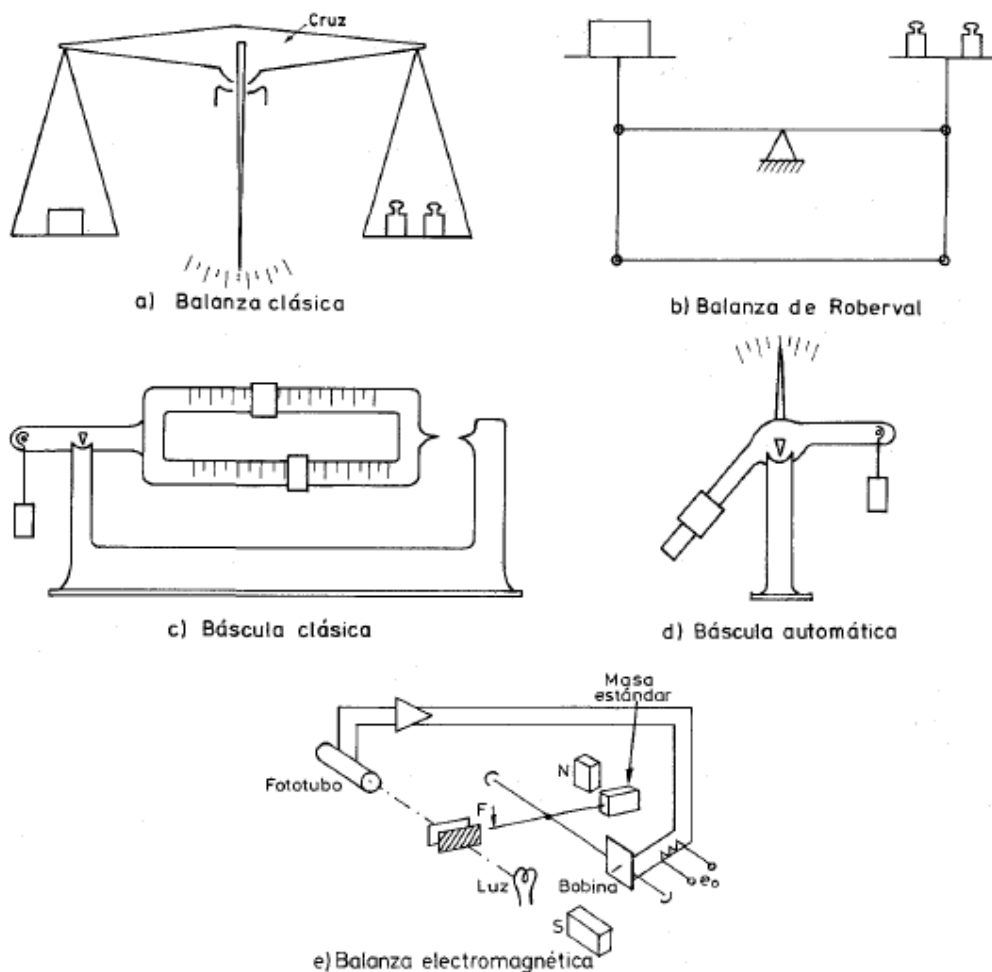
El diseño se realiza utilizando el software de CAD *solidworks*, el cual es un programa muy versátil a la hora del diseño ya que permite crear piezas con diferentes dimensiones y formas, lo que es de vital importancia a la hora diseñar cualquier elemento.

### 2.3.4 Sistemas para medir peso

El peso equivale a la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa de un cuerpo. Por esta razón la forma que se usa para medir peso es la deformación que realiza un objeto sobre otro, aunque antes se realizaba por medio de una comparación como se hace utilizando las balanzas o basculas de palanca con contrapeso. Las básculas con muelle elástico son muy utilizadas, su funcionamiento es medir la deformación que tiene un resorte cuando se le añade un peso.

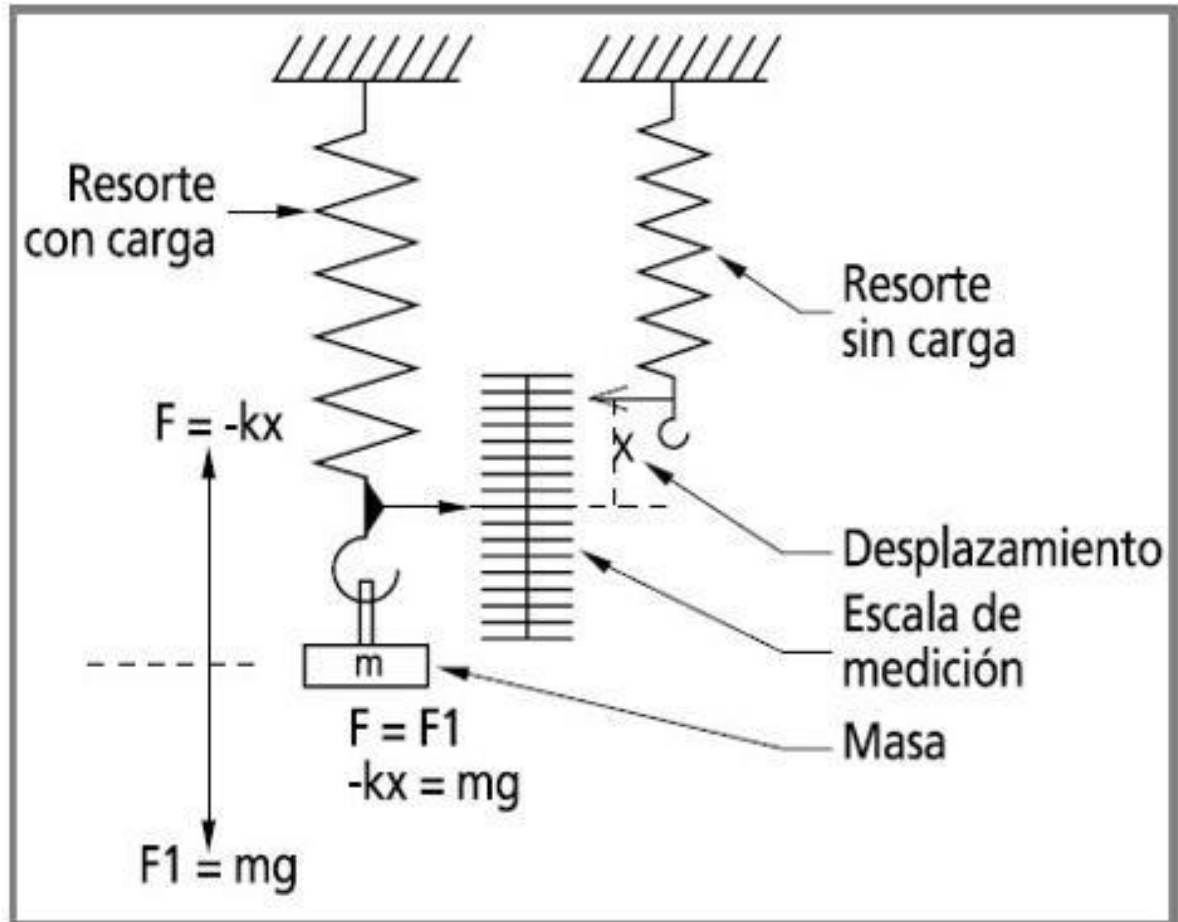
En la siguiente figura se pueden observar los diferentes tipos de básculas y balanzas.

Figura 3 Balanzas y Básculas



En la figura 4 se puede observar el funcionamiento de una báscula por deformación de muelle.

Figura 4 Método de medición de peso por deformación de muelle



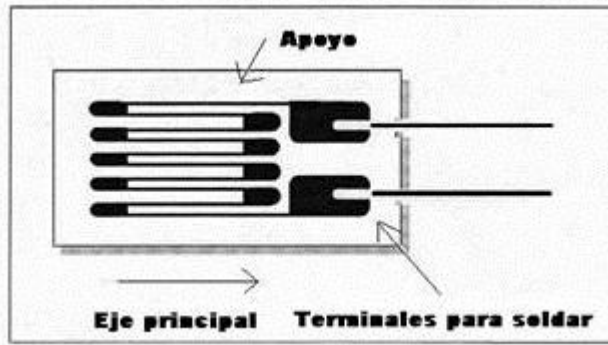
En línea disponible en: <http://www.instrumentosdelaboratorio.net/2012/05/balanza-de-laboratorio.html>

En la industria actualmente lo más usado para medir peso son las básculas electrónicas las cuales son más cómodas para el usuario gracias a la indicación del peso por medio de un pantalla. En las básculas electrónicas no se utilizan muelles para medir la deformación que genera el objeto a pesar sobre la báscula sino celdas de carga.

Una celda de carga es un transductor que se utiliza para convertir la fuerza que ejerce un objeto en una señal eléctrica por medio de la deformación de galgas extensiométricas como se muestra en la figura 5. Una celda de carga comúnmente se compone de cuatro galgas extensiométricas conectadas en una

Configuración llamada puente de Wheatstone <sup>(4)</sup> (ver figura 6), el cual se trata de un circuito eléctrico el cual permite conocer una resistencia desconocida a través de un arreglo de tres resistencias conocidas.

Figura 5 Galga extensiometrica



En línea, disponible en: <http://www.unet.edu.ve/~ielectro/GALGAS1.HTM>

Una galga extensiometrica consiste de un alambre muy fino arreglado en forma de rejilla como se muestra en la figura 5, esta forma de rejilla permite aprovechar la máxima cantidad de material de la galga sujeto a la tensión a lo largo de su eje principal. El parámetro que define la sensibilidad de una galga extensiometrica se conoce como factor de galga GF el cual está dado por la siguiente ecuación.

$$GF = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\epsilon} \quad \text{Ecuación 1}$$

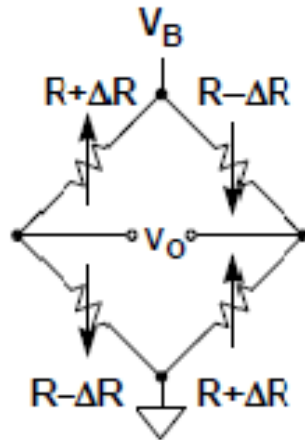
Donde:

$\frac{\Delta R}{R}$  = Variación fraccional de resistencia eléctrica.

$\frac{\Delta L}{L}$  = Variación fraccional de longitud.

4. Charles Wheatstone (Gloucester, 6 de febrero de 1802 - París, 19 de octubre de 1875) fue un científico e inventor británico

Figura 6 Puente de Wheatstone con 4 galgas extensiometricas o 4 resistencias variables



Walt Kester, BRIDGE CIRCUITS

El voltaje de salida el puente Wheatstone de 4 galgas extensiometricas está dado por la siguiente ecuación:

$$V_o = V_B \left( \frac{\Delta R}{R} \right) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde

$\frac{\Delta R}{R}$  : son las variaciones resistivas de las galgas extensiometricas

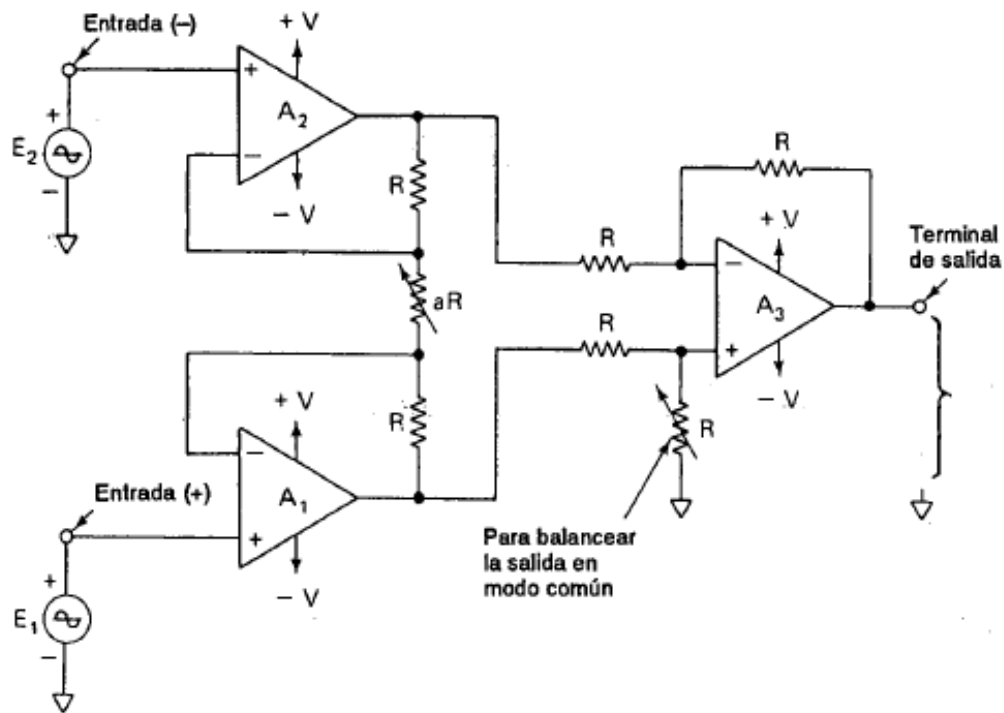
La señal de salida de una celda de carga es muy baja por lo cual se debe amplificar por medio de amplificadores de instrumentación.

### 2.3.5 Amplificadores de instrumentación

Un amplificador de instrumentación es un amplificador diferencial cuya ganancia es muy precisa y que ha sido especificado para que trabaje bajo sus propias especificaciones. Este circuito se utiliza principalmente para amplificar señales diferenciales muy pequeñas.

En la figura 7 se muestra el circuito de un amplificador de instrumentación.

Figura 7 Amplificador de Instrumentación



Coughlin, Robert F. Driscoll, Frederick F. Amplificadores operacionales y circuitos integrados

Donde el voltaje de salida y la ganancia están dados por las siguientes ecuaciones:

$$V_{out} = (E1 - E2)\left(1 + \frac{2}{a}\right) \quad \text{Ecuación 3}$$

$$G = aR \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde la resistencia  $aR$  se usa para establecer la ganancia.

La salida  $V_{out}$  es proporcional a la diferencia entre los voltajes de entrada ( $E1$  y  $E2$ ). A continuación se muestran las principales características del amplificador de instrumentación.

- La ganancia de voltaje, desde la entrada diferencial ( $E1$  y  $E2$ ) a la salida de voltaje  $V_{out}$ , se establece con una resistencia ( $aR$ ).

- La resistencia entre ambas entradas es muy alta y no va a cambiar al variar la ganancia.
- El voltaje de salida  $V_{out}$  no depende del voltaje común a E1 y E2 (voltaje en modo común), solo en su diferencia.

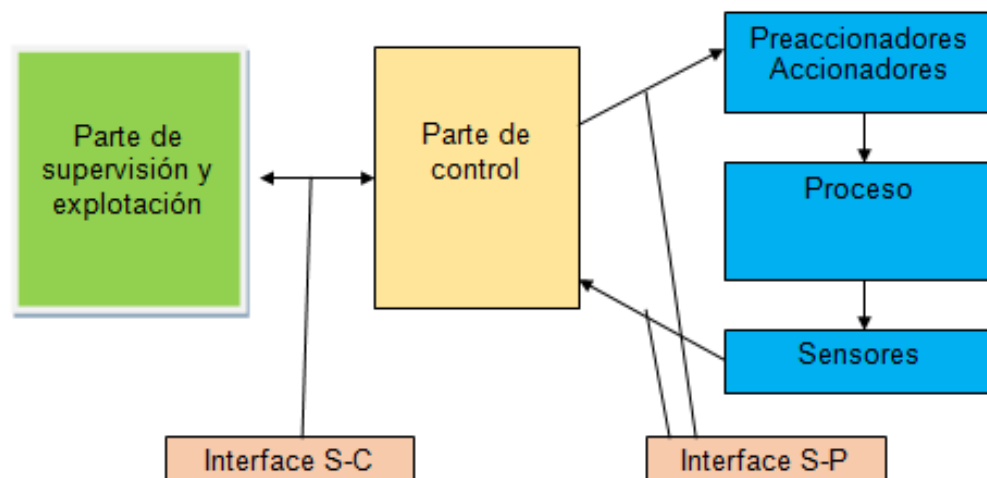
### 2.3.6 Controladores lógicos programables.

Todo sistema automatizado está formado por tres partes claramente diferenciadas, a saber:

- La parte operativa o proceso que se desea controlar. La parte de control o controlador utilizado para gobernar la parte operativa de la manera deseada.
- La parte de supervisión y explotación del sistema que servirá de interfaz entre el operador y el sistema automatizado. Genéricamente a esta función se le conoce con el acrónimo HMI del Inglés *“Human Machine Interface”* o interfaz hombre máquina <sup>(5)</sup>.

Para llevar a cabo un correcto funcionamiento de un sistema automático es necesario la unión o el intercambio de varias ramas de información que integran el sistema como se muestra en la figura 8.

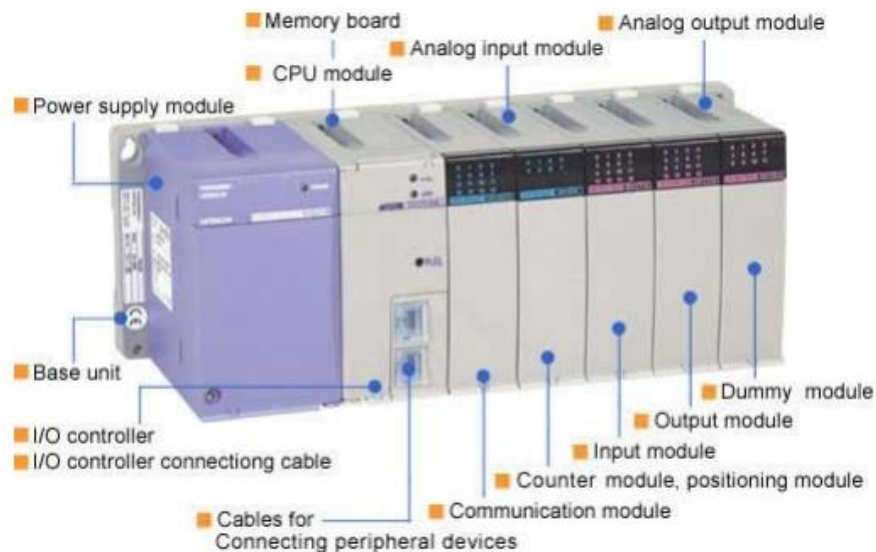
Figura 8 Esquema General de un Sistema Automatizado



Un PLC (Programable Logic Controller) o autómata programable según la definición del estándar internacional IEC 61131 que normaliza las características fundamentales de los mismos tanto en su parte hardware como software, es una máquina electrónica programable capaz de ejecutar un programa, o sea, un conjunto de instrucciones organizadas de una forma adecuada para solventar un problema dado, y diseñada para trabajar en un entorno industrial y por tanto hostil. Las instrucciones disponibles para crear programas serán de una naturaleza tal que permitirán controlar procesos, por ejemplo: funciones lógicas, operaciones aritméticas, conteo de eventos, temporización, etc. Además, el PLC está diseñado de forma tal que la conexión del mismo con el proceso a controlar será rápida y sencilla por medio de entradas y salidas de tipo digital o analógico.

Existen PLC's que solo tienen entradas y salidas digitales, lo cual es una limitación a la hora de requerir canales analógicos, pero existen módulos de expansión que se le acoplan a un PLC llamados módulos de entradas o salidas analógicas, en la figura 9 se muestra los componentes de un plc.

Figura 9 Componentes de un PLC



En línea disponible en:  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Programacion\\_de\\_controladores\\_logicos\\_\(PLC\).pdf](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Programacion_de_controladores_logicos_(PLC).pdf)

Los PLC por tanto permiten a las empresas mejorar su competitividad al incrementar su producción con menores costos de fabricación, además de



aumentar la calidad del producto, por lo que se controlan diferentes variables con controles con un margen de error mínimo.

### **2.3.7 Norma IEC 6311**

La norma IEC 6311 es una norma internacional estándar para los PLC'S, la cual consta de 8 partes:

Parte 1: Información general.

Parte 2: Requisitos y ensayos de equipos.

Parte 3: Lenguajes de programación.

Parte 4: Guía de utilización.

Parte 5: Comunicaciones.

Parte 6: Seguridad funcional.

Parte 7: Control difuso de información.

Parte 8: Directrices para la aplicaciones e implementación de lenguajes de programación.

#### **2.3.7.1 Norma IEC 61311-3:**

En la tercera parte de la norma IEC 61311, define los elementos básicos de programación. Reglas sintácticas y semánticas para los lenguajes de programación usados comúnmente.

La norma IEC 61311-3 definió 4 lenguajes estándares de programación, en los cuales 2 de tipo textual y 2 de tipo gráfico. Estos son los siguientes:

Textuales:

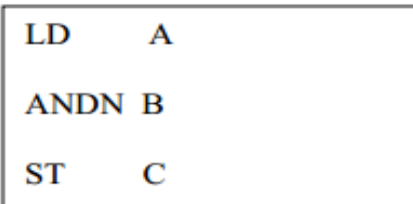
- Lista de Instrucciones (Instruction List – IL)
- Texto estructurado (Structured Text – ST)

Gráficos:

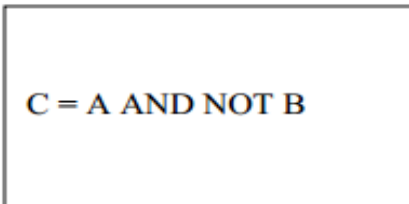
- Diagrama de Escalera (Ladder Diagram – LD)
- Diagrama de Bloques de Funciones (Function Block Diagram – FBD)

Figura 10 Lenguajes de programación

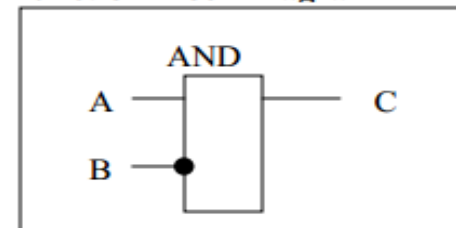
**Instruction List - IL**



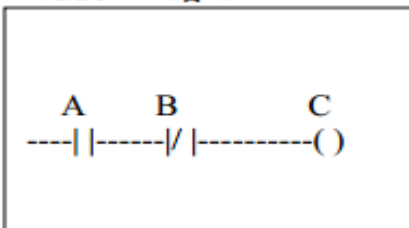
**Structured Text - ST**



**Function Block Diagram - FBD**



**Ladder Diagram - LD**



En línea, disponible en: <http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/plc/plc.htm>

### 3. RESULTADOS

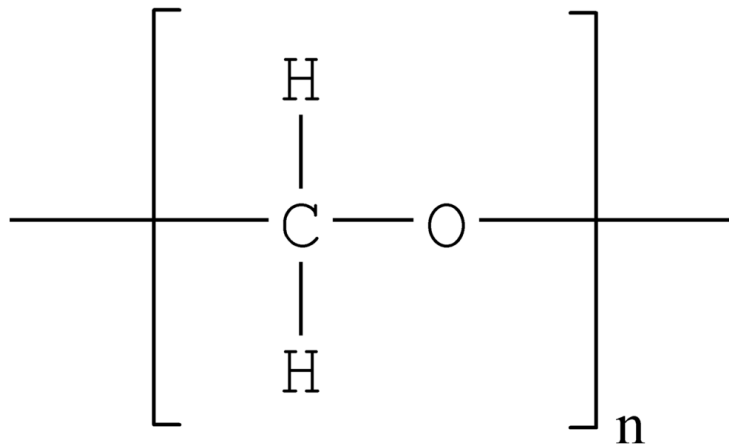
#### 3.1 SELECCIÓN DE MECANISMOS PARA CADA PASO

Para la selección de los mecanismos que realizan cada proceso se consulta con expertos en el área y con personas que se pueden beneficiar de este diseño, y así se ha obtenido información valiosa para el diseño de los diferentes mecanismos, los cuales también cumplen la norma ISO 220000.

##### 3.1.1 TRANSPORTE

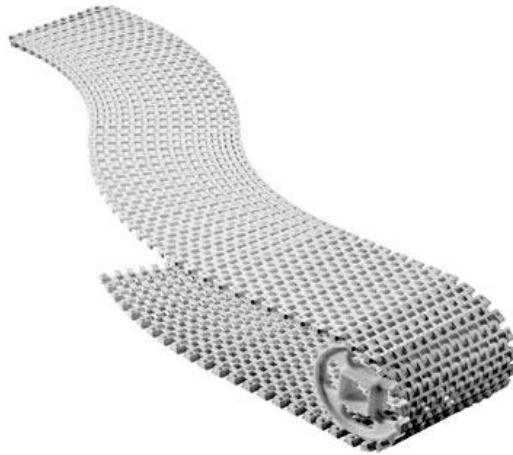
La sección del transporte se utiliza para llevar los duraznos a la sección de extracción de pelusa, el material elegido para el diseño de la banda es el polióxido de metileno (POM), también conocido en la industria Intralox, este material es un termoplástico cristalino de alta rigidez, el poliacetal es muy utilizado hoy en día para transportar alimentos por lo que es un material no oxidante y no contaminante, además de tener baja fricción y una buena estabilidad dimensional.

Figura 11 Formula química del polióxido de metileno



En línea, disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Poliacetal>

Figura 12 Banda transportadora hecha de POM

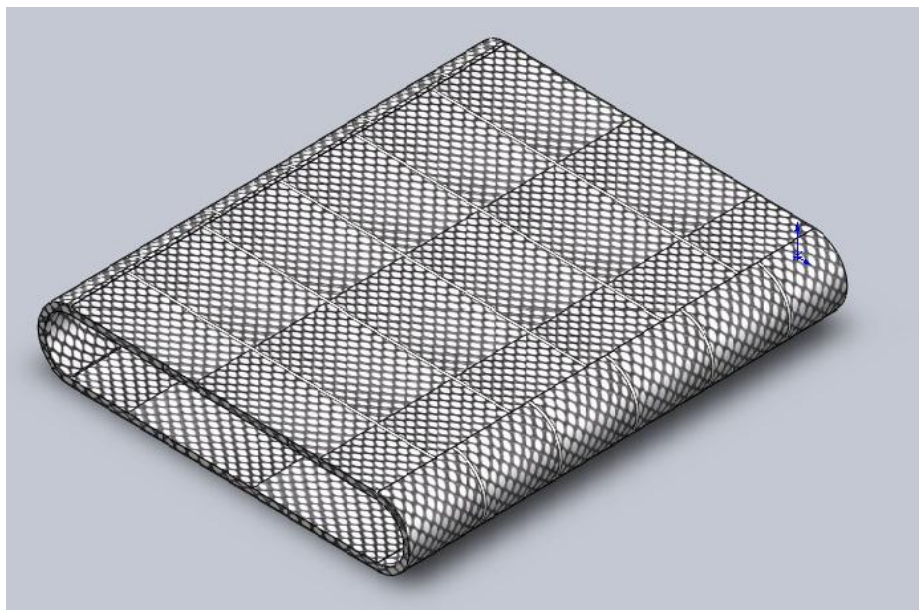


En línea, disponible en: <http://www.masanes.com/uploads/images/1330597150.jpg>

Estas bandas por estar hechas de un termoplástico lo que las hace ser de bajo peso, de esta forma no requiere un motor de alta potencia, por estas razones se selecciona este material.

En la figura 13 se muestra el diseño de la banda realizado en solidworks.

Figura 13 Diseño de banda en Solidworks



[Autor]

### 3.1.1.1 ELECCIÓN DE MOTOR PARA LA BANDA TRANSPORTADORA

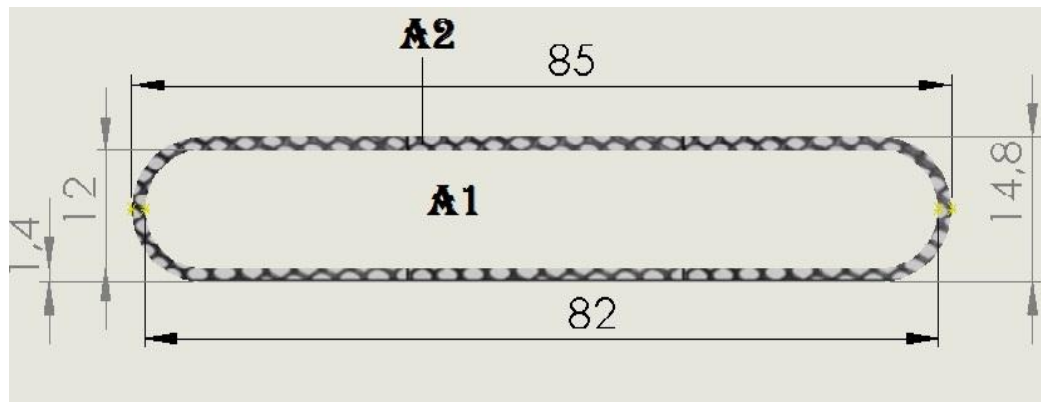
Para el cálculo del motor de la banda se realizan los siguientes cálculos:

Se halla la masa de la banda con la siguiente ecuación.

$$M = V * \rho \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde V es el volumen de la banda y  $\rho$  es la densidad del poliacetal.

Figura 14 Dimensiones de la banda



[Autor]

Para hallar el volumen se requiere conocer el área de la sección transversal

$$Ab = A2 - A1 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde

$$A1 = 85cm * 14,4cm = 1258 \text{ cm}^2 \quad \text{Ecuación 7}$$

$$A2 = 82cm * 12cm = 984 \text{ cm}^2 \quad \text{Ecuación 8}$$

Se reemplaza la Ecuación 7 y 8 en la 6

$$Ab = 1258 \text{ cm}^2 - 984 \text{ cm}^2 = 274 \text{ cm}^2$$

Esta área se halla como si el material fuera no poroso (que no posee huecos) para tener un margen de seguridad en el peso de la banda, mas sin embargo en la figura 12 se puede observar que el material de la banda es un material poroso.

Entonces, el volumen es:

$$V = A * L \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde L es la longitud de la banda y A el área.

Remplazando en la ecuación 9 se tiene el volumen de la banda:

$$V = 274cm^2 * 100cm^2 = 27400cm^3$$

Remplazando el volumen en la ecuación 5 y sabiendo que el poliacetal tiene una densidad de 1,420 g/cm<sup>3</sup>

$$M = 27400cm^3 * 1,420 \frac{g}{cm^3} = 38908g = 38,908 Kg$$

Con una estimación de que a la banda soporte 150 duraznos al tiempo, y teniendo en cuenta que el durazno tiene un peso entre 56,4 y 126,4g, por lo tanto con un peso de 126,4g los 150 duraznos pesan 18,96 Kg.

Una vez obtenidos los pesos se determinaron que el motor podría ser de 1 Hp (Horse power).

La velocidad de una banda transportadora esta comúnmente entre 25 y 30 m/min, por tanto se define que la velocidad ideal para esta banda debe ser 30 m/min.

La velocidad de un motor se da en RPM, así que se debe calcular las RPM'S de los rodillos de la banda.

$$n = \frac{V}{P} \text{ Ecuación 10}$$

La ecuación 10 nos muestra la relación entre la velocidad tangencial de la banda y P el perímetro de los rodillos, a lo que llamamos vueltas o revoluciones.

Los rodillos de la banda tienen un diámetro de 0,06m

$$P = \pi * D = \pi * 0,06m = 0,1885m \text{ Ecuación 11}$$

Reemplazando la ecuación 11 en la 10

$$n = \frac{30 m/min}{0,1885 m} = 159,15 RPM \cong 160 RPM$$

Con las RMP'S se halla la relación que debe tener el motor

$$R = \frac{RPM \text{ Motor}}{RPM \text{ Rodillos}} = \frac{1750 RPM}{160 RPM} = 10,9 \text{ Ecuación 12}$$

Donde 1750 son las RPM'S de un motor asíncrono.

Una vez obtenidos estos datos se procede a buscar motoredutores (los cuales tienen baja velocidad y un alto torque) que cumplan con las especificaciones halladas.

Se decide trabajar con un motor Baldor GHM31010 ya que cumple con las características requeridas. En la figura 15 se muestran las especificaciones técnicas de este motor.

Figura 15 Especificaciones técnicas del motor de la Banda

[Gear Products](#) | [AC Gear Motors](#) |

### ***Specifications: GHM31010***

<b><i>Catalog Number:</i></b>	<b><i>GHM31010</i></b>
<b><i>Specification Number:</i></b>	<b><i>34G794X269K2</i></b>
<b><i>Phase:</i></b>	<b><i>3</i></b>
<b><i>Voltage:</i></b>	<b><i>208-230/460</i></b>
<b><i>Output RPM:</i></b>	<b><i>175</i></b>
<b><i>Torque:</i></b>	<b><i>300</i></b>
<b><i>Ratio:</i></b>	<b><i>10</i></b>
<b><i>Amps:</i></b>	<b><i>3.7-3.4/1.7</i></b>
<b><i>Hertz:</i></b>	<b><i>60</i></b>
<b><i>Poles:</i></b>	<b><i>04</i></b>
<b><i>Insulation:</i></b>	<b><i>B</i></b>
<b><i>Rotation:</i></b>	<b><i>R</i></b>
<b><i>Enclosure:</i></b>	<b><i>TEFC</i></b>
<b><i>Type:</i></b>	<b><i>3524M</i></b>
<b><i>Mechanical Specification Number:</i></b>	<b><i>34G794X269K2</i></b>
<b><i>Electrical Specification Number:</i></b>	<b><i>34WGX269</i></b>

En línea, disponible en: <http://www.baldordistribuidora.com/index.html>

Este motor tiene una relación de 10 a 1, una velocidad de 175 RPM's y su alimentación eléctrica es de forma trifásica. Características requeridas para el trabajo a desempeñar.

La transmisión de potencia se realizara mediante una cadena de bujes, que tiene una longitud de 136 cm. la cual se aprecia en la siguiente figura.

Figura 16 Ejemplo cadena de bujes

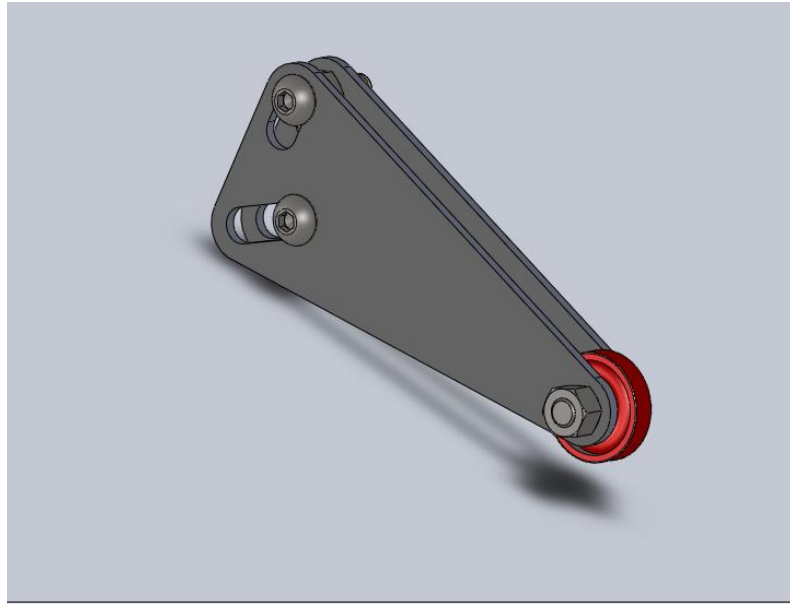


En línea, disponible en: [http://www.movicenter.com.ar/images/cadena\\_simple.jpg](http://www.movicenter.com.ar/images/cadena_simple.jpg)

Todos los elementos de transmisión de potencia tienden a desajustarse con el tiempo, por lo cual se debe implementar un mecanismo para tensionar la cadena o el elemento elegido para la transmisión. Se eligió utilizar un mecanismo muy parecido al tensor de bicicleta.



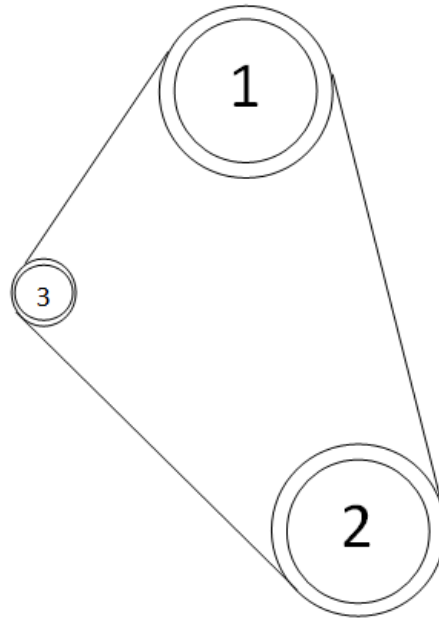
Figura 17 Diseño en Solidworks Tensor de Cadenas



[Autor]

En la siguiente figura se puede observar la relación de transmisión entre el motor y la banda transportadora.

Figura 18 Relación de transmisión entre los piñones de la banda transportadora y el motor



[Autor]

Como se observa en la figura anterior los círculos 1 y 2 simulan los piñones del motor y el rodillo de la banda transportadora, los cuales tienen el mismo tamaño, por lo tanto la relación de transmisión de 1 a 1. El numero 3 hace referencia al sistema de tensión de la cadena.

### **3.1.2 REMOCIÓN DE PELUSA.**

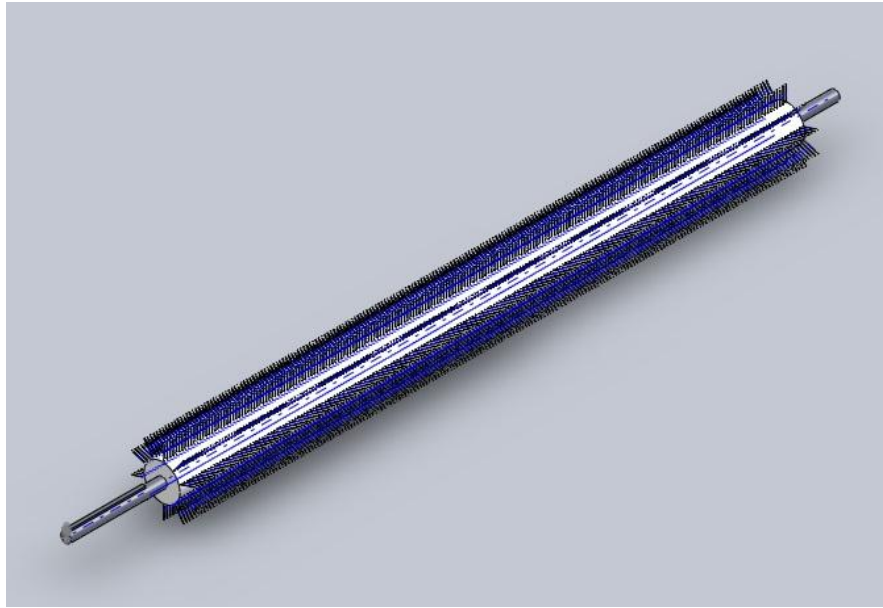
Según los datos obtenidos de las personas de las personas interesadas en el desarrollo de este dispositivo (agricultores de Belén de Umbría), este proceso actualmente se realiza manualmente utilizando un cepillo con cerdas de nylon.

El material para fabricar las cerdas de los cepillos que extraerán la pelusa de los duraznos es el nylon, por lo que es un material higiénico, no es oxidante ni contaminante. El rodillo debe de acero inoxidable debido a sus propiedades como la resistencia a la corrosión y ser un material con una larga vida útil.

Actualmente existen empresas dedicadas a la fabricación de cepillo bajo pedidos.

En la figura 19 se muestra el diseño de los cepillos en solidworks.

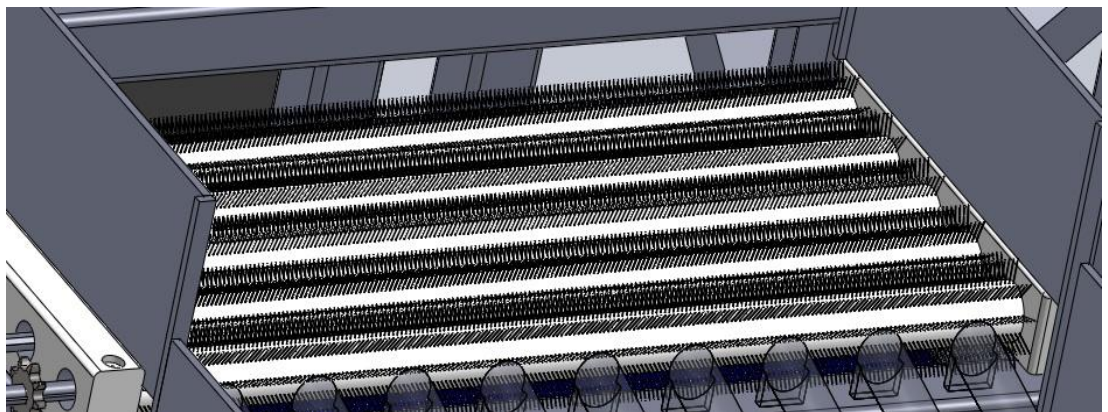
Figura 19 Cepillo diseñado en Solidworks



[Autor]

En la figura 20 se muestra el mecanismo completo de remoción de pelusa, el cual contiene 5 cepillos en serie. Todos los cepillos giran de tal forma que al tiempo de remover la pelusa a los duraznos los envían al área de seleccionado por tamaño.

Figura 20 Mecanismo para la remoción de pelusa



[Autor]

### 3.1.2.1 ELECCIÓN DE MOTOR PARA LOS CEPILLOS

A diferencia de los cálculos del motor de la banda con este motor solo se requiere conocer el peso de los rodillos y su velocidad, la cual es de 25 metros por minuto.

Los rodillos de los cepillos tienen un diámetro de 6cm y una longitud de 104cm, así que se calcula su volumen y su masa con las ecuaciones 5 y 9.

$$V = 28,27cm^2 * 104cm = 2940,5cm^3$$

Teniendo en cuenta que los rodillos son de acero inoxidable, el cual tiene una densidad  $7,87g/cm^3$ , entonces:

$$M = 2940,5cm^3 * 7,87 \frac{g}{cm^3} = 23141,7g = 23,141Kg$$

Se parte de la idea de suponer que los rodillos son macizos para tener cierto factor de seguridad a la hora de elegir el motor, igual que se hizo con el motor de la banda transportadora.

Para el peso calculado y conociendo que son 5 cepillos, se decide trabajar con un motor de 1,5 HP.

De la misma forma que se halló las RPM's para el motor de la banda se procede para este.

$$P = \pi * 0,006m = 0,1885m \quad \text{Ecuación 11}$$

$$n = \frac{25 \text{ m/min}}{0,1885m} = 132,63 \text{ RPM} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$R = \frac{1750 \text{ RPM}}{132,63 \text{ RPM}} = 13,19 \quad \text{Ecuación 12}$$

Con los datos se determina que el motor que cumple los requerimientos es el motor Baldor GF1524AGB15. En la siguiente figura se muestra las especificaciones técnicas del motor.

Figura 21 Especificaciones técnicas de motor para cepillos

### ***Specifications: GF1524AGB15***

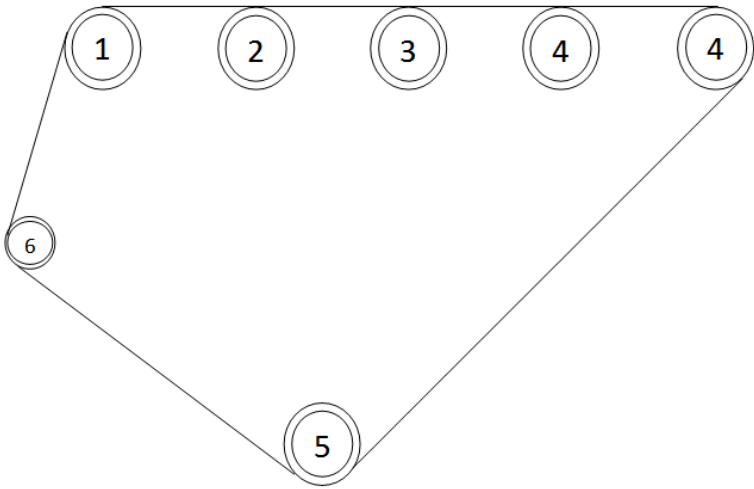
<b><i>Catalog Number:</i></b>	<b><i>GF1524AGB15</i></b>
<b><i>Specification Number:</i></b>	
<b><i>Phase:</i></b>	<b><i>3</i></b>
<b><i>Voltage:</i></b>	<b><i>230/460</i></b>
<b><i>Output RPM:</i></b>	<b><i>117</i></b>
<b><i>Torque:</i></b>	<b><i>705</i></b>
<b><i>Ratio:</i></b>	<b><i>15</i></b>
<b><i>Amps:</i></b>	
<b><i>Hertz:</i></b>	<b><i>60</i></b>
<b><i>Poles:</i></b>	<b><i>04</i></b>
<b><i>Insulation:</i></b>	
<b><i>Rotation:</i></b>	<b><i>REV</i></b>
<b><i>Enclosure:</i></b>	<b><i>TEFC</i></b>
<b><i>Type:</i></b>	
<b><i>Mechanical Specification Number:</i></b>	
<b><i>Electrical Specification Number:</i></b>	

En línea, disponible en: <http://www.baldordistribuidora.com/index.html>

Como se aprecia en la figura 20, las RPM de salida son mucho más bajas pero el torque de salida y la relación son más grandes, por lo que no hay problema al utilizar este motor.

El sistema de transmisión es por medio de una cadena de bujes, la cual tiene una longitud de 136 cm. El sistema de transmisión se puede observar en la figura 16 y el mecanismo de tensión del sistema de transmisión se puede observa en el figura 17.

Figura 22 Sistema de transmisión entre los piñones de los cepillos y el motor



[Autor]

Con el sistema de transmisión de los cepillos pasa igual que con el de la banda transportadora el cual tiene una relación de 1 a 1.

3.1.3 SELECCIÓN POR TAMAÑO

Con la información recolectada existen estándares en las medidas comerciales del durazno que definen los productores.

Figura 23 Tabla de Medidas estándares optadas por los agricultores de Belén de Umbría

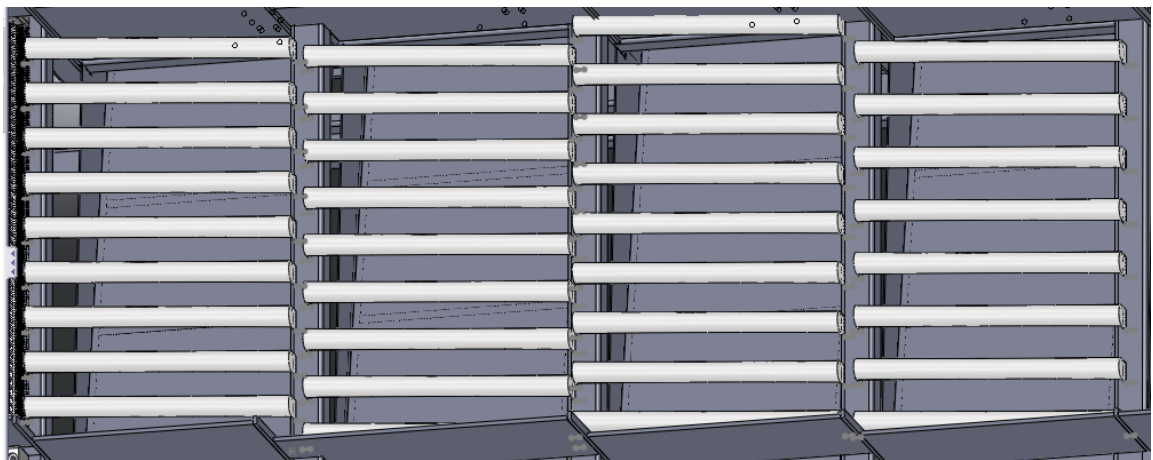
Medidas en Cm	Letra de referencia
Mayor que 8.1	Extra
De 7.3 A 8.0	1
De 6.7 A 7.2	2
De 6.1 A 6.6	3
De 5.5 A 6	4

[Autor]

En la figura 23 se muestra las medidas estándares seleccionadas, comenzando con la extra en la cual los duraznos tienen un diámetro mayor que 8.1 cm hasta los más pequeños con un diámetro menor que 6 cm.

Para la selección de tamaño se utiliza una serie de tubos en Policloruro de vinilo (PVC) los cuales tienen espaciamientos entre sí. Cada espaciamiento tiene las distancias que se muestran en la figura 23. Los tubos tienen una inclinación para que los duraznos bajen por gravedad, haciendo pruebas físicas se concluye que el ángulo mínimo requerido para que los duraznos rueden continuamente es de  $10^\circ$ , la inclinación empleada para este mecanismo es de  $13^\circ$ .

Figura 24 Mecanismo de selección de tamaños diseñado en Solidworks



[Autor]

El PVC es un material que no contamina, además de esto los tubos de este material son muy económicos comparados con otros tubos hechos en materiales no contaminantes como los tubos en acero inoxidable.

En la anterior figura se muestra el mecanismo de selección de tamaño de los duraznos, como se aprecia está seccionado en 5 partes, en la primera parte los tubos tienen un espaciamiento de 6 cm, por lo tanto solo caerán por los espaciamientos los duraznos menores que estas medidas. En la última sección caen los duraznos con un diámetro mayor a 8.1 cm.

### 3.1.4 SISTEMA DE PESAJE

En la comercialización de frutas siempre se venden este tipo de productos por peso el cual varía según el proveedor y según los productores del municipio, en Belén de Umbría el durazno se vende por canastas de 25 Kg, por lo tanto se decide trabajar con una celda de carga SP-W4 monobloque marca lexus, que

tiene una capacidad de hasta 100 Kg y una sensibilidad de 2mV/V. En la siguiente figura se muestra las especificaciones técnicas de la celda de carga.

Figura 25 Ficha técnica de Celda de carga



En línea, disponible en:

[http://bci.co/Pesaje/celdas\\_de\\_carga/mono\\_bloque\\_max200kg/SP-W4.html](http://bci.co/Pesaje/celdas_de_carga/mono_bloque_max200kg/SP-W4.html)

Como se menciona, el durazno se vende por canasta de 25 Kg por lo tanto se debe saber que voltaje entrega la celda de carga cuando tiene un peso de 25 Kg. La celda de carga escogida tiene una sensibilidad de 2 mV/V y se alimentará a 10V, así que el máximo voltaje que entregara a la salida es el siguiente:

$$V_{max} = 2mV * 10V = 20mV \quad \text{Ecuación 13}$$

Ahora se procede a calcular el voltaje que la celda de carga entregara cuando cense un peso de 25 Kg teniendo en cuenta que el voltaje de salida es proporcional al peso censado, por lo tanto el cálculo se hace utilizando una regla de tres simple. Si con 100 Kg la celda entrega 20mV, entonces, ¿con 25 Kg cuanto entrega la celda?

100 Kg —————→ 20mV

25 Kg —————→ X

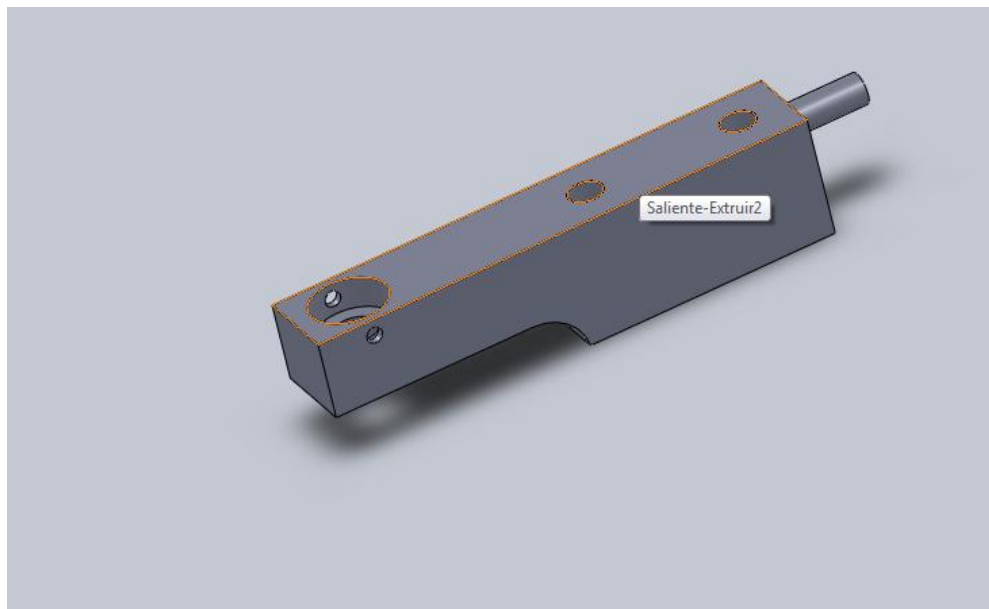
$$X = \frac{25Kg * 20mV}{100Kg} = 5mV \quad \text{Ecuación 14.}$$



La celda de carga entrega a la salida 5mV con un peso de 25Kg.

En la siguiente figura se puede apreciar la celda de carga diseñada en *Solidworks*.

Figura 26 Diseño en *Solidworks* de la celda de carga



[Autor]

A continuación se puede apreciar la canasta estándar de 25Kg a utilizar.

Figura 27 Canasta estándar de 25Kg diseñada en *Solidworks*



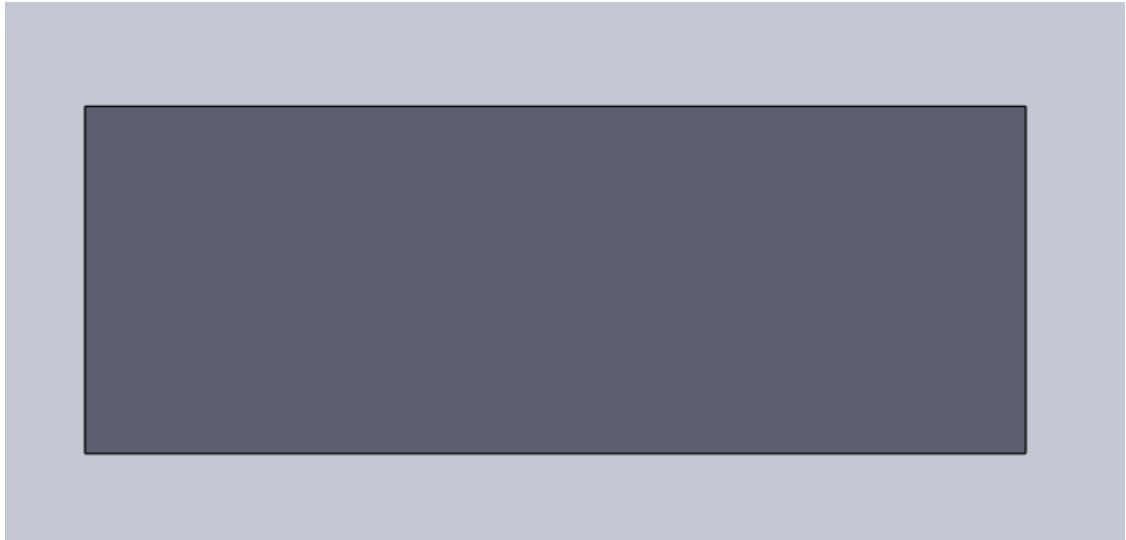
[Autor]

### **3.1.5 CONTROL DE FLUJO DE DURAZNOS**

El sistema de control de flujo de los duraznos es una parte importante de la máquina, ya que es el que ayuda a controlar que las canastas no lleven más de un peso límite determinado.

El mecanismo consiste en un compuerta la cual sube o baja por medio de una leva y un motor, dependiendo de la señal que reciba. Cuando la compuerta esta activada no permite el paso de los duraznos, caso contrario pasa cuando se encuentra en reposo.

Figura 28 Compuerta de control de flujo de durazno



[Autor]

#### 3.1.5.1 ELECCIÓN DE MOTOR DE CONTROL DE COMPUERTA

El material de la compuerta es acero inoxidable de la serie 400 (AISI 430), por sus cualidades anticorrosivas. El acero inoxidable tiene una densidad de  $7,87 \text{ g/cm}^3$ , es un material muy rígido y resistente lo que lo hace perfecto para este trabajo.

Para calcular el motor requerido para este trabajo primero se debe calcular la carga que va a mover, en otras palabras el peso de la compuerta (que tiene unas medidas de: 20 cm de alta, 65 cm de largo y 0,3 cm de espesor), el cual se haya a continuación utilizando la ecuación 5 y 9 para hallar la masa y el volumen.

$$V = A * L = 6\text{cm}^2 * 65\text{cm} = 390\text{cm}^3 \quad \text{Ecuación 9}$$

$$M = V * \rho = 390\text{cm}^3 * 7,87 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 3069,39\text{g} = 3,069\text{Kg} \quad \text{Ecuación 5}$$

Como la compuerta debe moverse lento para no causar daños a los duraznos se determina que el motor que cumple con los requerimientos para este trabajo es un motor Galanz GAL-5-240-TD, el cual es un motor que se alimenta a 220V o 240V, frecuencia de 50Hz o 60Hz, 5 a 6 RPM y 4W. En la siguiente figura se puede observar el motor seleccionado para este trabajo.

Figura 29 Motor de control de compuerta

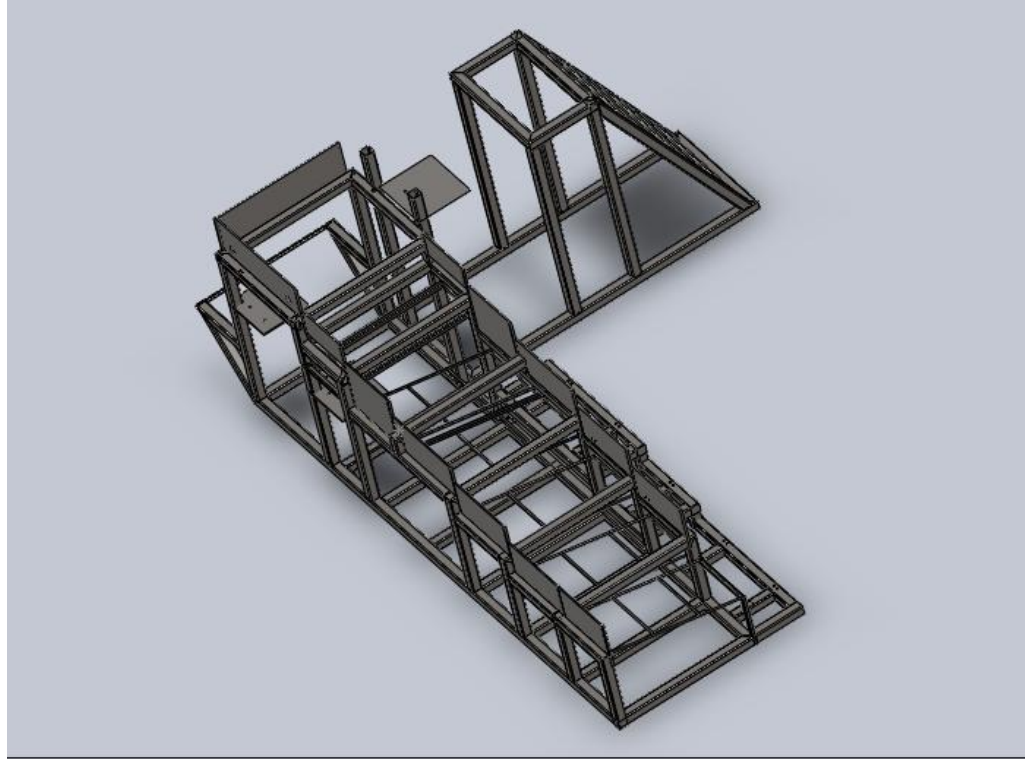


En línea, disponible en: <http://www.solostocks.com/>

### 3.1.6 ESTRUCTURA O BASE DE LA MÁQUINA

La estructura base se realiza utilizando un perfil estructural cuadrado de acero inoxidable (serie 300) diámetro 80mm y de 3m de espesor. Este tipo de miembro estructural es muy resistente y puede soportar grandes esfuerzos, además por ser de acero inoxidable tiene propiedades anticorrosivas. El diseño en *Solidworks* de la estructura se muestra en la siguiente figura.

Figura 30 Estructura soporte

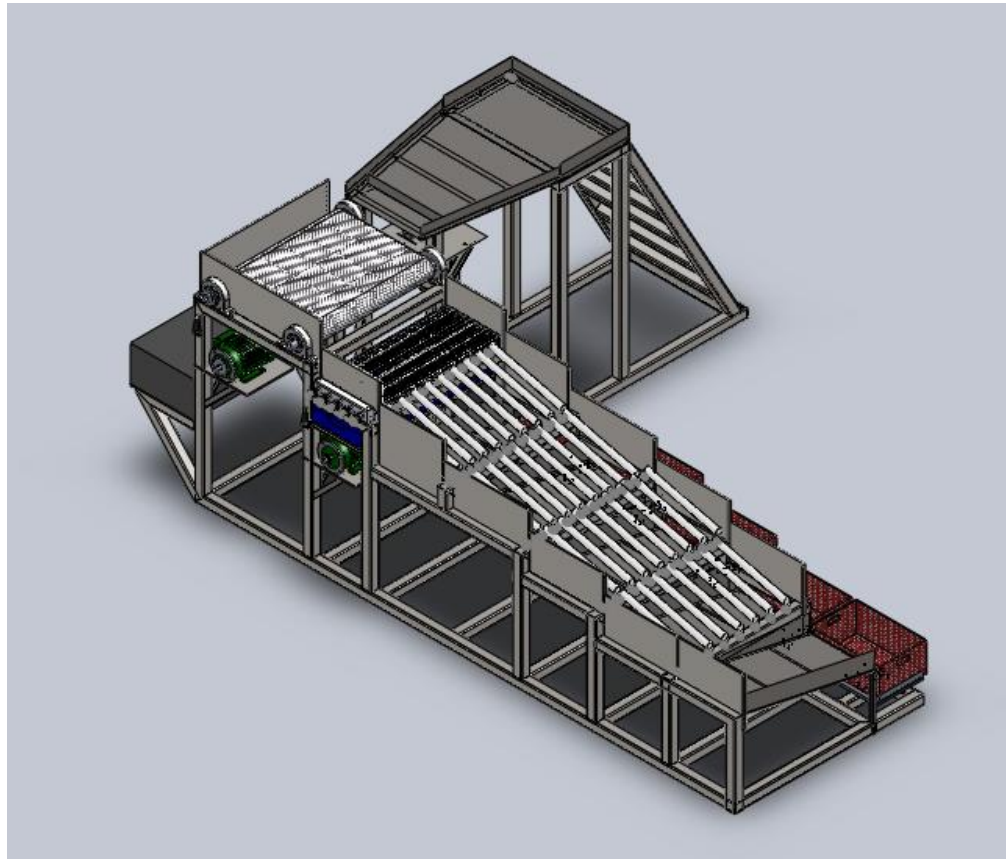


[Autor]

### 3.2 ENSAMBLAJE FINAL

En la siguiente Figura se puede observar el ensamblaje final de la máquina con todas las piezas usadas (las piezas completas diseñadas en *Solidworks* están en el anexo A en la carpeta piezas *Solidworks* y los planos están en el anexo A en la carpeta planos *Solidworks*).

Figura 31 Ensamblaje Final Máquina para limpiar y seleccionar duraznos por tamaño realizado en *Solidworks*



[Autor]

### 3.3 CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

#### 3.3.1 AMPLIFICACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA SALIDA DE LA CELDAS DE CARGA

Como se menciona anteriormente y se aprecia en la figura 21, las celdas de carga dan voltajes de salida muy bajo por lo que debe pasar por una etapa de amplificación y estandarización de voltaje, porque de la salida de las celdas de carga se tomaran las decisiones para el control de la máquina, el cual se realiza utilizando un PLC, por esto se debe estandarizar la salida de la celda de carga, ya

que el controlador solo recibe señales estándares a su entrada, las cuales deben ser de 4 a 20mA o 0 a 10V.

Para la amplificación y estandarización de la salida de la celda se utilizo el amplificador de instrumentación AD620. Como se muestra en la figura 7 el factor de amplificación o ganancia de este amplificador se realiza mediante una resistencia llamada  $aR$  o  $G$ , la cual es hallada a continuación utilizando la ecuación 4.

$$V_o = (V_1 - V_2)\left(\frac{2}{a} + 1\right) \text{ Ecuación 4}$$

$$A = \frac{2}{a} + 1 \text{ Ecuación 13}$$

Remplazando y despejando  $A$  en la ecuación 4 se tiene

$$A = \frac{V_o}{V_1 - V_2} \text{ Ecuación 14}$$

Donde  $V_1$  y  $V_2$  son los voltajes de entrada al amplificador,  $V_1$  será la salida de la celda de carga y  $V_2$  estará referenciada a tierra. Teniendo en cuenta que la celda de carga se alimentara con 10V y que tiene una sensibilidad de 2mV/m por lo tanto el máximo voltaje de salida que da la celda es de 20mV, se pasa a hallar la ganancia que se necesite para que el amplificador de instrumentación entregue 10V con una entrada de 20mV, entonces se remplaza los datos en la ecuación 14.

$$A = \frac{10V}{20mV} = 500$$

Despejamos  $a$  de la ecuación 13.

$$a = \frac{2}{A - 1} = \frac{2}{500 - 1} = 4,008 \times 10^{-3}$$

Pasamos hallar la ganancia del circuito con una resistencia de 10K $\Omega$  con la ecuación 4.

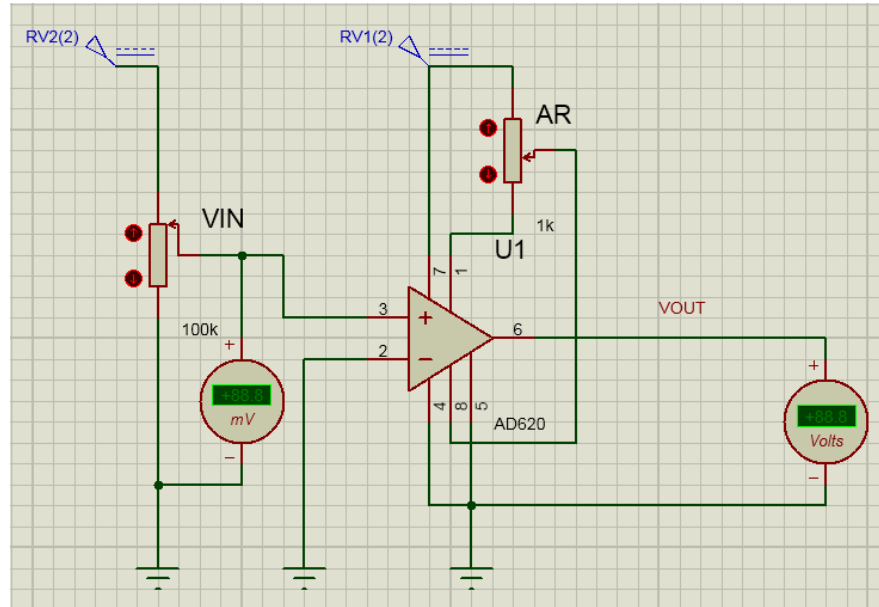
$$G = aR = 4,008 \times 10^{-3} \times 10K\Omega = 40,08\Omega$$

La ganancia de un amplificador se ajusta en la mayoría de los casos con un potenciómetro para así calibrar más fácil la señal de salida.

El circuito de amplificación y estandarización se simulo en el software de simulación electrónica *Proteus 8*, la salida de voltaje de la celda de carga se

simulo con un divisor de voltaje. El circuito de la simulación se puede observar en la siguiente figura.

Figura 32 Circuito de amplificación y estandarización simulado en Proteus 8



[Autor]

Con el voltaje estandarizado de 0-10V se procede a calcular el voltaje a la salida del circuito de estandarización para un voltaje de entrada de 5mV (25Kg en la celda de carga) con una regla de tres simple.

Si 20mV  $\longrightarrow$  10V

5mV  $\longrightarrow$  X

$$X = \frac{5mV * 10V}{20mV} = 2,5V$$

El voltaje que entrega el circuito de estandarización para una entrada de 5mV es 2,5V.



### 3.3.2 CIRCUITO DE CONTROL

Para realizar el circuito de control primero se debe tener en cuenta cual es el funcionamiento que tendrá la máquina, el cual se produce en los siguientes pasos o áreas de la máquina:

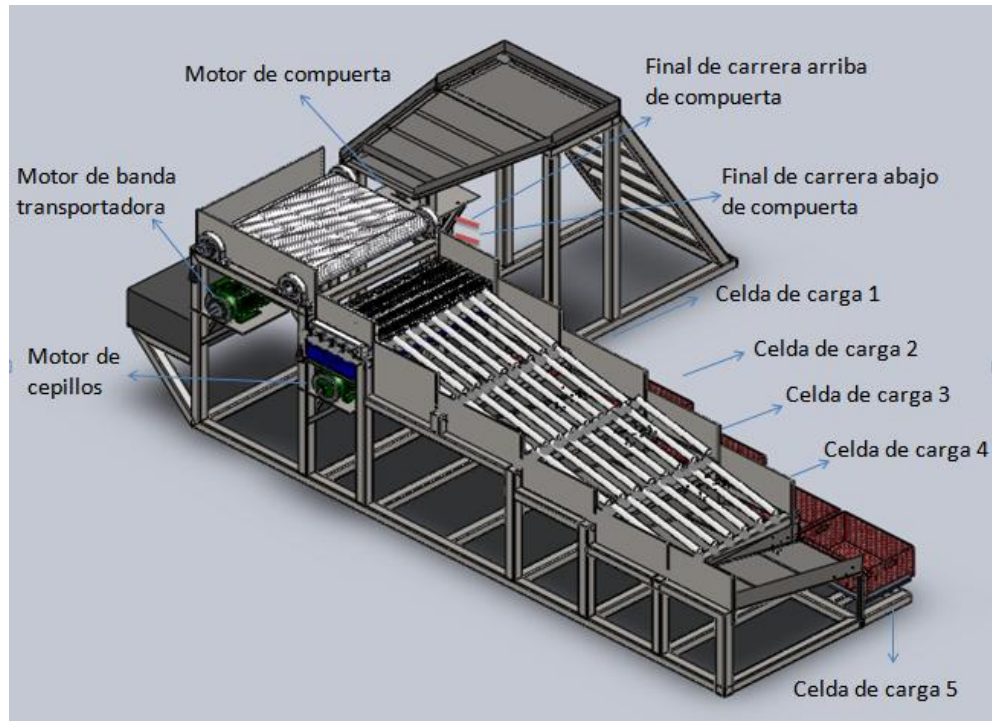
1. Pre-transporte: En esta parte los duraznos son depositados para posteriormente ir al área de transporte.
2. Transporte: En esta área los duraznos llegan a la banda transportadora, la cual se encarga de llevarla a la sección de eliminación de la pelusa.
3. Eliminación de pelusa: En esta etapa los cepillos se encargan de eliminar la pelusa y transportar los duraznos a la parte de selección por tamaño.
4. Selección por tamaño: Una vez los duraznos hallan pasado por los cepillos llegan al mecanismo de selección de tamaño (figura 22). Los duraznos seleccionados por tamaños caen a una bandeja inclinada para pasar al área de pesaje.
5. Pesaje: Lo duraznos seccionados por tamaños caen a unas canastas estándar de 25Kg, las cuales están sobre una celda de carga que envía una señal una vez la canasta esta con el peso predeterminado, para que esta sea cambiada por una nueva.

El control se realiza de la siguiente forma:

1. Un vez se haya dado la señal de inicio de la máquina se debe bajar la compuerta de control de flujo de duraznos hasta que esta accione un final de carrera, se enciende la banda transportadora y los cepillos.
2. Cuando una de las 5 celdas de carga envíe la señal que en la canasta hay 25Kg (lo cual es marcado por la celda de carga como 5mV), la compuerta de control de flujo debe subir hasta que accione otro final de carrera, la banda y los cepillos se deben detener.
3. Una vez se haya cambiado la canasta llena por una vacía el sistema vuelve al punto 1.

Cabe destacar que el botón de OFF o de apagado se está censando constantemente y cuando este es presionado la compuerta de control de flujo debe subir, la banda y los cepillos de apagan. En la figura 33 se puede observar la ubicación de cada sensor y actuado dentro de la máquina.

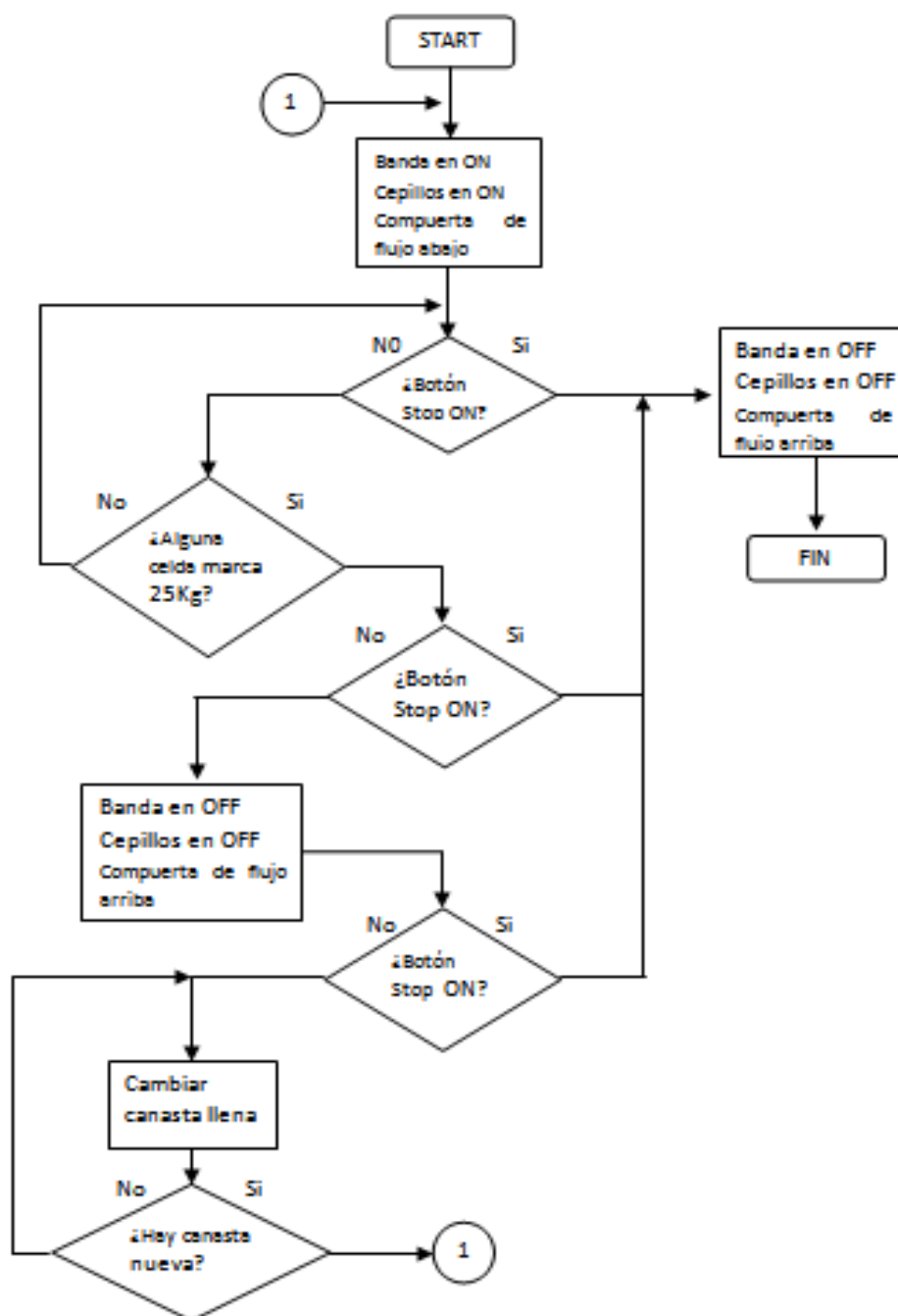
Figura 33 Sensores y actuadores dentro de la máquina



[Autor]

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del control de la máquina.

Figura 34 Diagrama de flujo del control de la máquina

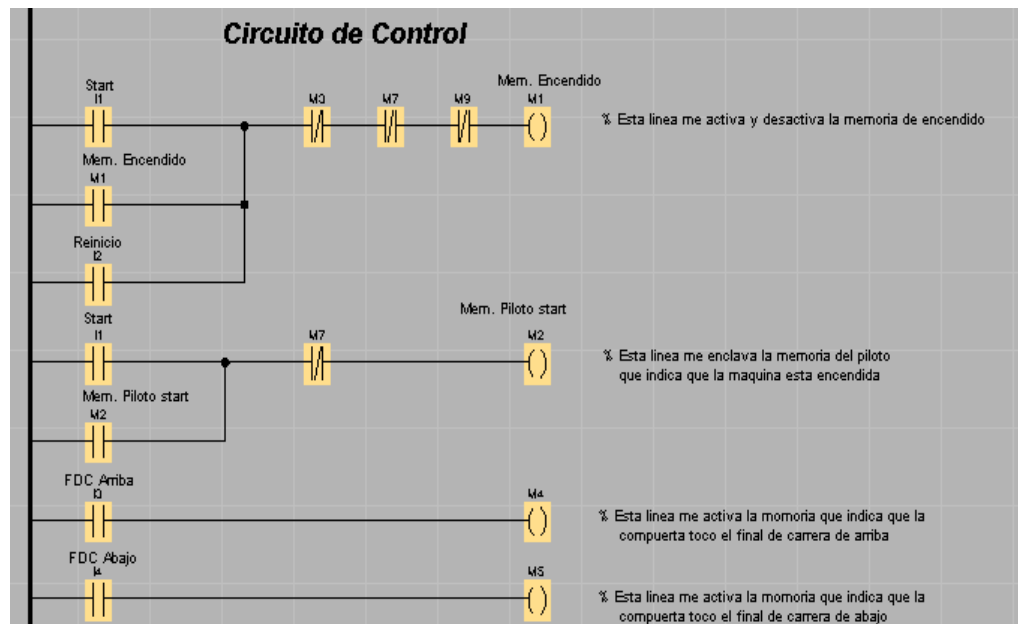


[Autor]

El control se realiza usando un PLC Thinget XC3-32R-C, programando en el lenguaje KOP o bien conocido como lenguaje de contactos o escalera ladder. El programa de control debe cumplir con el funcionamiento descrito en la figura 31. En la figura 35 se puede ver el programa realizado para el control de la máquina, el cual se encuentra en el anexo B. El software escogido para realizar el programa de control es el *logo soft comfort v7*, se escogió este software debido a su comodidad para realizar una interfaz de animación del proceso por medio del cual se puede observar el funcionamiento del programa realizado.

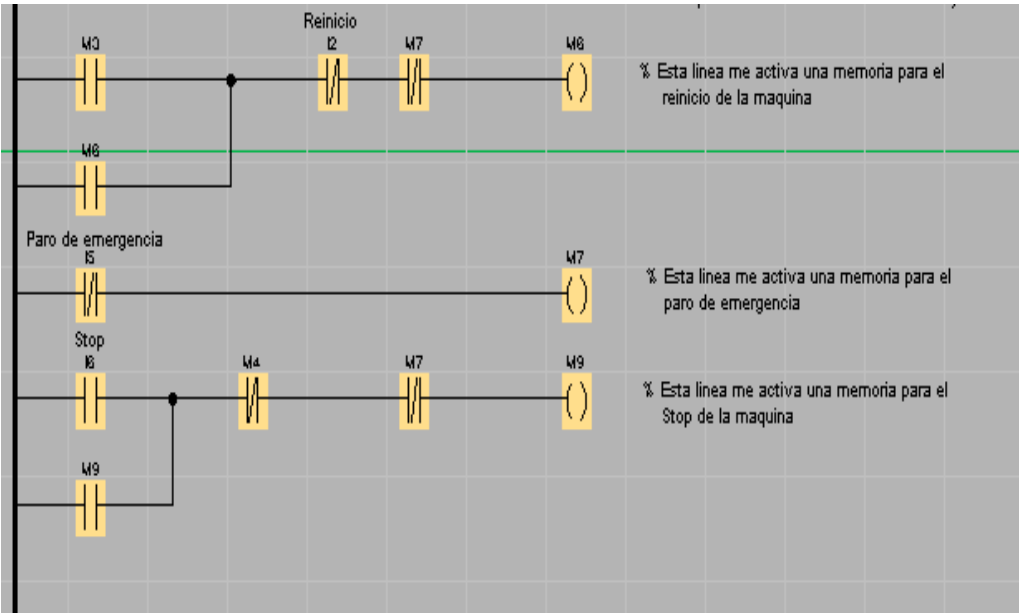
El PLC Thinget XC3-32R-C no tiene entradas analógicas por lo que es necesario acoplarle un modulo de expansión de entradas analógicas, para esto se escogió el modulo de expansión XC-E8AD, el cual tiene 8 entradas analógicas requeridas para este proceso.

Figura 35 Circuito de control parte 1 de 2



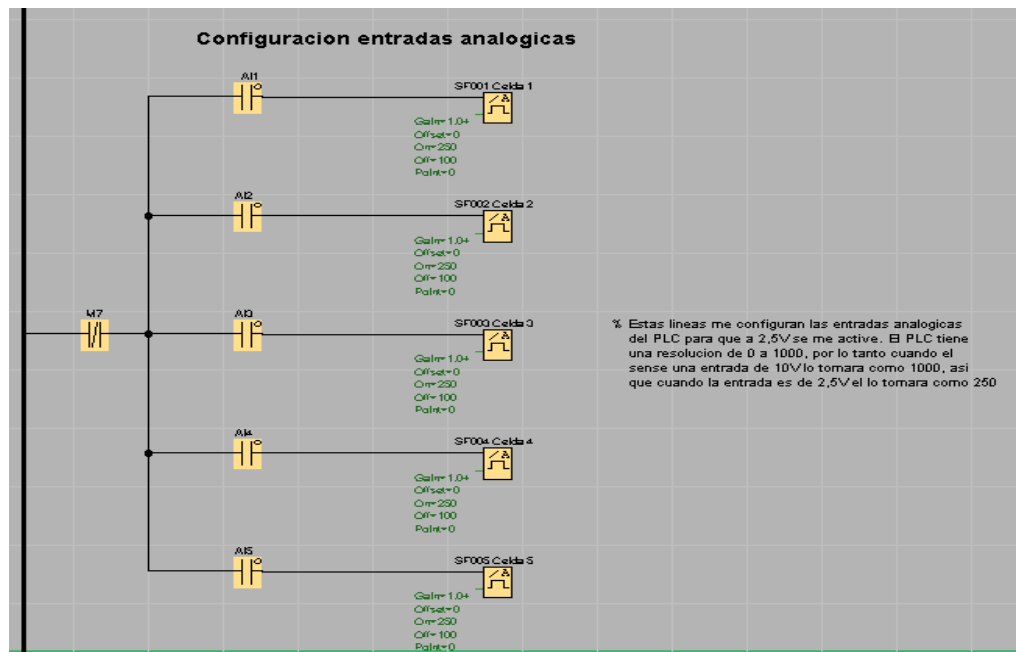
[Autor]

Figura 36 Circuito de Control parte 2 de 2



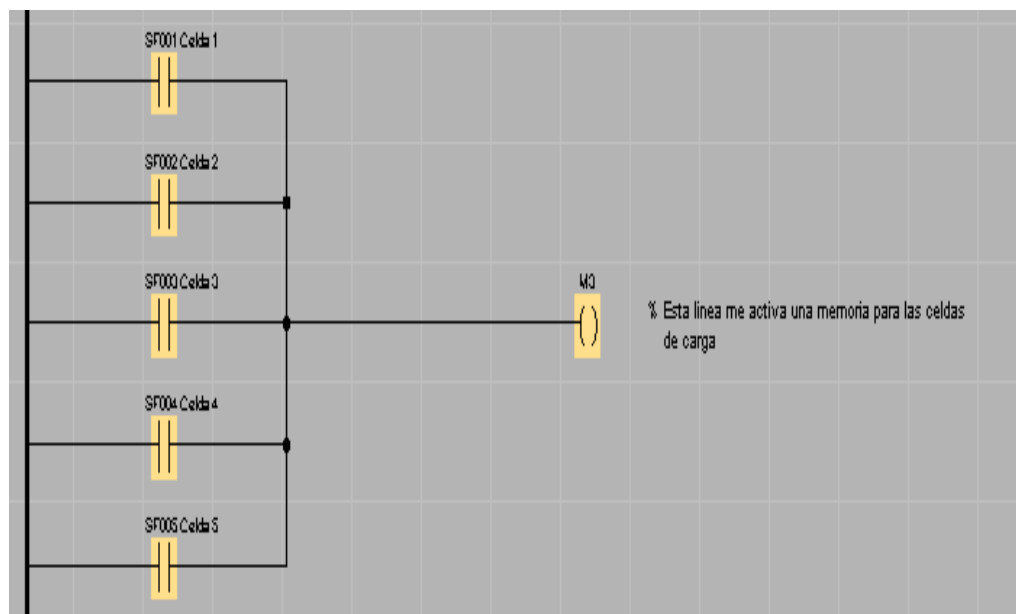
[Autor]

Figura 37 Configuración de entradas analógicas parte 1 de 2



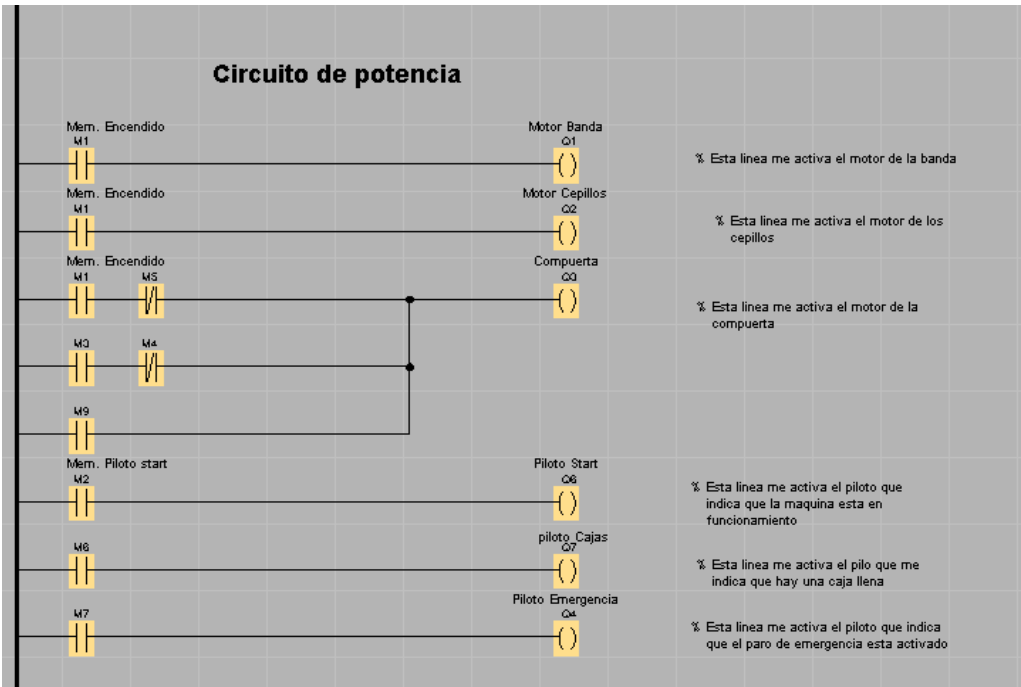
[Autor]

Figura 38 Configuración de entradas analógicas parte 2 de 2



[Autor]

Figura 39 Circuito de potencia



[Autor]

3.4 LISTADO DE PIEZAS Y COTIZACIÓN

Para tener un control de todos los componentes necesarios y un estimado del precio para la construcción de la máquina, se hace un listado de los materiales a utilizar. Ver figura 40.

Figura 40 Lista de materiales y cotización

ELEMENTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$ COP)	VALOR TOTAL (\$ COP)
Estructura (Base de máquina) y alimentador	1	2'000.000	2'000.000
Deposito	1	50.000	50.000
Embudo de deposito	1	55.000	55.000

Compuerta	1	15.000	15.000
Banda transportadora Intralox completa	1	6'200.000	6'200.000
Leva	1	45.000	45.000
Cepillos	5	719.200	3'596.000
Tubos de selección	46	2.500	115.000
Deslizador a canasta	4	35.000	140.000
Deslizador ultimo a canasta	1	35.000	35.000
Canasta de 25Kg	5	22.750	113.750
Bandeja de pelusa	1	15.000	15.000
Chumaceras de Banda	4	25.000	25.000
Soporte ejes de cepillos	2	100.000	200.000
Tornillos y tuercas 3/8" acero inoxidable	55 9'383.750	500	27.500
Motor de banda transportadora	1	2'350.000	2'350.000
Motor de cepillos	1	2'305.000	2'305.000
Motor de Compuerta	1	30.000	30.000
Piñón de Banda 50B16	2	33.500	67.000
Piñón de cepillos 40B 15	6	21.600	129.600
Cadena de transmisión de banda-50	1	33.000	33.000
Cadena de transmisión de cepillos-40	1	42.000	42.000
PLC THINGUET XC-32R-C	1	400.000	400.000
Modulo de expansión XC-E8AD	1	400.000	400.000



Final de carrera compuerta	2	8.000	16.000
Celda de carga SP-4W	5	90.000	450.000
Estructura celda de carga	5	25.000	125.000
TOTAL			19'239.850

[Autor]

#### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- A lo largo del desarrollo del diseño de la máquina se observa la importancia de consultar con expertos o con personas de amplia experiencia en el área del diseño, para así diseñar los mecanismos y piezas de la máquina de la forma más eficiente posible.
- Dentro de los puntos que se considero de gran importancia en un proyecto de esta naturaleza es tener en cuenta las normas de seguridad alimentaria que este puede tener, por eso se destaca la importancia de consultar e investigar cuales y de que tratan las normas de salubridad que rigen este tipo de proyectos.
- A la hora de cotizar los materiales y las piezas se observan los beneficios de trabajar con productos estándares comparándolos con las piezas que se tienen que mandar a maquinar, ya que los productos maquinados tienen un precio muy alto y se desconoce la vida útil del producto, en cambio un producto estándar es más económico y le han hecho estudios de calidad que determinan un promedio de vida útil. Por esta razón es mucho más fiable trabajar con materiales, piezas y medidas estándares.
- Existen mejoras que pueden implementarse a la maquina entre las cuales tenemos: implementar un sistema de vibración en el área del mecanismo de selección por tamaño, implementar un mecanismo para la selección por tamaño que no dependa solo de la gravedad para que los duraznos circulen por los tubos de selección, implementar una HMI al plc para que el proceso sea mucho más amigable con el usuario

## 5. BIBLIOGRAFÍA

**[1]** Desarrollo de la agroindustria en Colombia. [Online]. Disponible en: <http://www.puntofrancoagro.com/es/noticias/analisis/desarrollo-de-la-agroindustria-en-colombia/>

**[2]** CORTÉS M, Elkin. ÁLVAREZ M, Fernando. GONZÁLEZ S, Hugo. La mecanización agrícola. Medellín: Revista CES. Diciembre 2009 p 151-154 ISSN 1900-9607

También disponible en:

CORTÉS M, Elkin. ÁLVAREZ M, Fernando. GONZÁLEZ S, Hugo. La mecanización agrícola. [Online]. Disponible en: [http://www.revistamvzces.com/revistas/vol4no2/Articulo\\_15.pdf](http://www.revistamvzces.com/revistas/vol4no2/Articulo_15.pdf)

**[3]** Fundación Inter Coop. Maquinaria moderna en la agricultura [Online]. Disponible en: [http://www.befarmex.com/files/308\\_Chapter%20N.2%20Maquinaria%20moderna%20en%20agricultura-%20SPAIN.pdf](http://www.befarmex.com/files/308_Chapter%20N.2%20Maquinaria%20moderna%20en%20agricultura-%20SPAIN.pdf)

**[4]** INTITUTO COLOMBIANO DE NORMA TECNICAS Y CERTIFICACION. Sistemas de gestión de inocuidad de los alimentos: requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria. Bogotá: ICONTEC, 2005 38h: (NTC-ISO22000)

**[5]** ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Codex alimentarius: principios generales de higiene de los alimentos. Adoptado en 1969. 35 h. (CAC/RCP 1-1969)

**[6]** Wikipedia. Basculas [En línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/B%C3%A1scula>

**[7]** CREUS S, ANTONIO. Instrumentación industrial. 6ta edición. Barcelona, España, 1997. p. 301-304. (ISBN: 958-682-135-8)

**[8]** CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE. [en línea], disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmt/maza\\_c\\_ac/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo4.pdf)

**[9]** Sosa, Javier. Galgas extenciometricas: Strain gages 1, [En línea]. Disponible en: [http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Strain\\_Gages\\_1.pdf](http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Strain_Gages_1.pdf)

**[10]** Universidad de Oviedo. Autómatas programables

**[11]** Wikipedia. IEC 61131 [En línea]. Disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/IEC\\_61131](http://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61131)

**[12]** INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, IEC 61131-3, Controladores programables.

**[13]** Walt Kester, James Bryant, Walt Jung. AMPLIFIERS FOR SIGNAL CONDITIONING. Cap 3. 58 h.

**[14]** *Walt Kester*. BRIDGE CIRCUITS, section 2. 19 h.

**[15]** Coughlin, Robert F. Driscoll, Frederick F. Amplificadores operacionales y circuitos integrados. 4ta edición. México. 1993. P 216-219. (ISBN 0-13-639923-1)

## **ANEXOS**

Adjuntos a este documento se encuentran los siguientes anexos, cada uno de estos se encuentra en una carpeta separada en el CD junto con los archivos que corresponden a cada uno.

Anexo A: Diseño mecánico.

- Diseños máquina para quitar la pelusa y seleccionar duraznos por tamaño.
- Planos de máquina para quitar la pelusa y seleccionar duraznos por tamaño.

Anexo B: Circuitos eléctricos.

- Circuito estandarización de la salida de la celda de carga.
- Programación de PLC

Anexo C: Normas de salubridad.

- Norma NTC-ISO 22000
- Codex alimentarium

Anexo D: Fichas técnicas de los motores.